



การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส

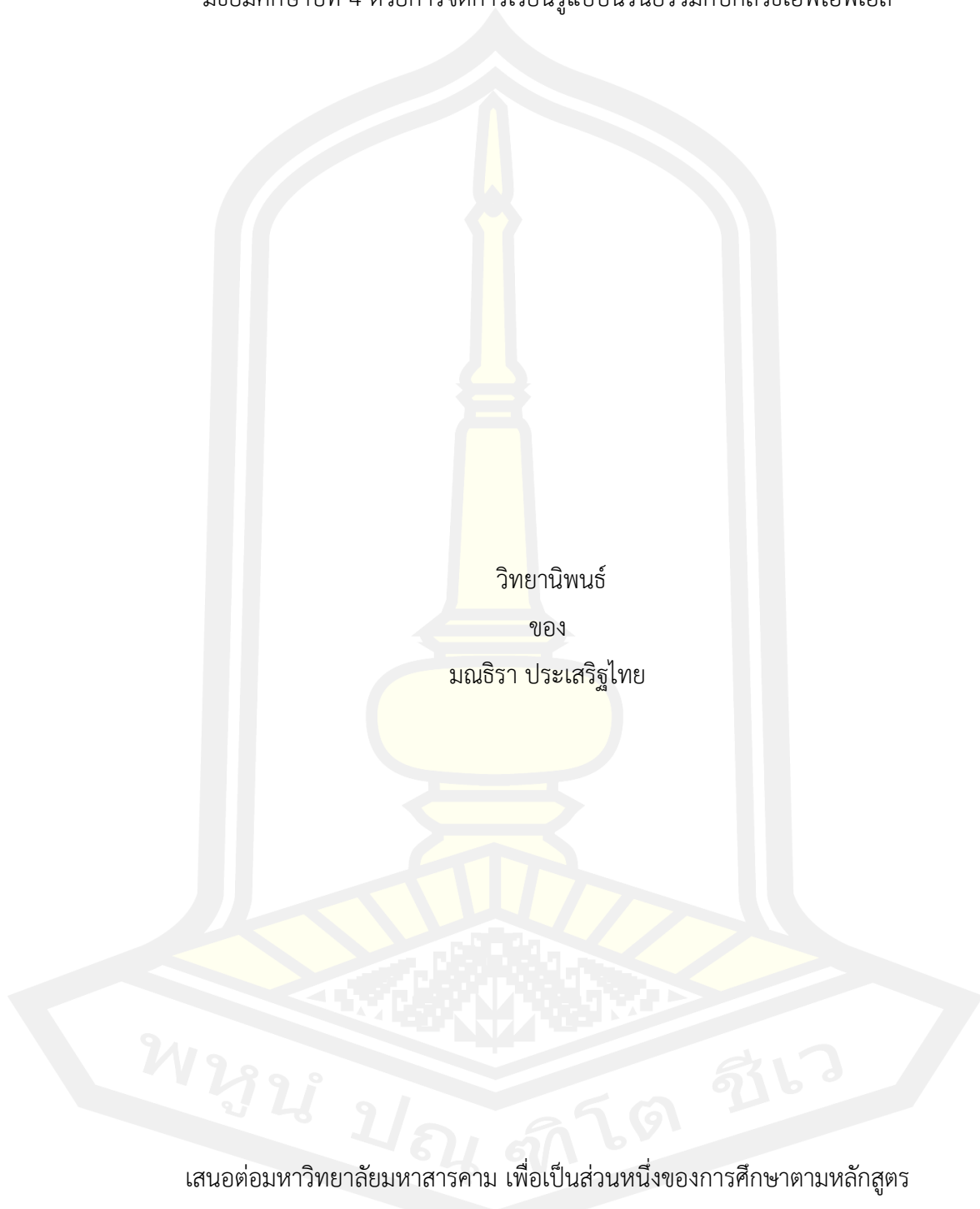
วิทยานิพนธ์
ของ
มณธิรา ประเสริฐไทย

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

พฤษภาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

พฤษภาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Development of Chemistry Problem-Solving Ability focused on Stoichiometry of
Mathayomsuksa 4 Students with Deductive Learning Method Coordinate with FOPS
Learning Strategy

Monthira Prasoeithai

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

May 2023

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวมณิธา ประเสริฐ
ไทย แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. กันยารัตน์ สอนสุภาพ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ทศน์ศรีรินทร์ สว่างบุญ)

.....กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. สมทรง สีทธิ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทาลัย
มหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. ชวลิต ชูกำแหง)

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี เอพีโอพีเอส		
ผู้วิจัย	มณธิรา ประเสริฐไทย		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร		
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต	สาขาวิชา	การสอนวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการซึ่งทำทั้งหมด 3 วงรอบปฏิบัติการ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอพีโอพีเอส ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม กลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 29 คน โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอพีโอพีเอส จำนวน 9 แผน 2) แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นแบบอัตนัยจำนวน 3 ชุดชุดละ 6 ข้อ 3) แบบสัมภาษณ์นักเรียน และ 4) แบบสังเกตพฤติกรรมในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่าจากนักเรียนจำนวนทั้งหมด 29 คน นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นดังนี้ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 37.93 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 24 คน คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 82.76 และในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มจำนวน 29 คน คิดเป็นร้อยละเท่ากับ 100.00 โดยสรุปกลุ่มเป้าหมายได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีอย่างมีประสิทธิภาพ จากการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอพีโอพีเอส

คำสำคัญ : ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี, การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย, กลวิธีเอพีโอพี

เอส



TITLE	Development of Chemistry Problem-Solving Ability focused on Stoichiometry of Mathayomsuksa 4 Students with Deductive Learning Method Coordinate with FOPS Learning Strategy		
AUTHOR	Monthira Prasoetthai		
ADVISORS	Assistant Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D.		
DEGREE	Master of Education	MAJOR	Teaching of Science and Mathematics
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2023

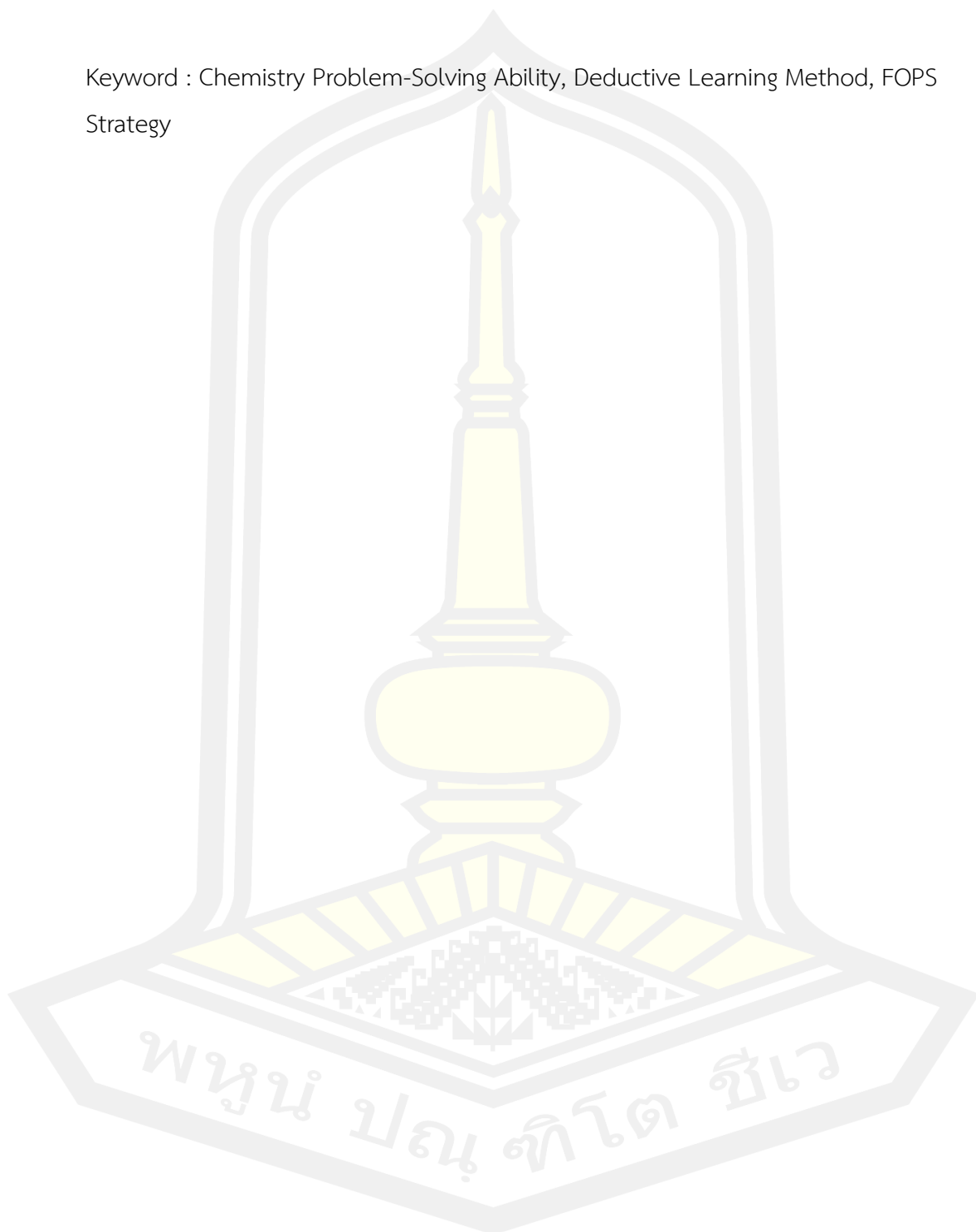
ABSTRACT

This research was classroom action research which consist of 3 spirals. The aim of this research was to develop chemistry problem-solving ability focused on the stoichiometry of Mathayomsuksa 4 students to pass the criteria of 70 percent by using a deductive learning method coordinate with FOPS learning strategy. The target group was 29 students in Mathayomsuksa 4/4 from Yang Talat Wittayakhan School. The research instruments included 1) 9 lesson plans of deductive learning method that coordinate with the FOPS strategy, 2) the tests for measuring the ability to solve chemical problems on stoichiometry. They are 3 sets of subjective forms with 6 items in each, 3) student interview forms, and 4) observation forms on students' problem-solving behaviors. The percentage, mean, and standard deviation were used for analyzing data.

The results showed that out of 29 students, there was an increase of students who passed the criteria of 70 percent. After the learning process, in the first spiral, 11 students passed the criteria of 70 percent (37.93%). In the second spiral, 24 students passed the criteria of 70 percent (82.76%). In the third spiral, 29 students passed the criteria of 70 percent (100.00%). In conclusion, the target group developed chemistry problem-solving ability effectively from the deductive learning

method coordinate with FOPS learning strategy.

Keyword : Chemistry Problem-Solving Ability, Deductive Learning Method, FOPS Strategy



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ที่ให้คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง รวมถึงคำแนะนำและข้อปรับปรุงแก้ไขจากคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันยารัตน์ สอนสุภาพ ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทศน์ศิรินทร์ สว่างบุญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมทรง สิทธิ กรรมการสอบ ที่ทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม อาจารย์ ดร.มังกร ศรีสะอาด นางบรรดล ภูบานเข้า นายปวิวัติ ไชยมาตร และนางสาวสุรีย์รัตน์ อุ่สูงเนิน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการทำการวิจัย ตลอดจนคำแนะนำต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร คณะครูและนักเรียนโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียนเป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้การทำการวิจัยในครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

มณธิรา ประเสริฐไทย

พูน ปณ ทิโต ชีเว

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ฌ
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ฏ
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย.....	4
ขอบเขตการวิจัย.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	5
บทที่ 2.....	9
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560.....	9
บริบทโรงเรียนยางตลาดวิทยาการ.....	12
การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย.....	14
กลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy).....	22
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา.....	30
วิจัยเชิงปฏิบัติการ.....	51

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	56
งานวิจัยในประเทศ	56
งานวิจัยต่างประเทศ	58
กรอบแนวคิดในการวิจัย	61
บทที่ 3	62
วิธีดำเนินการวิจัย	62
กลุ่มเป้าหมาย	62
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	65
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ	66
การเก็บรวบรวมข้อมูล	91
การวิเคราะห์ข้อมูล	94
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	95
บทที่ 4	98
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	98
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	98
ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	98
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	99
บทที่ 5	129
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	129
ความมุ่งหมายของการวิจัย	129
สรุปผล	130
อภิปรายผล	130
ข้อเสนอแนะ	136
บรรณานุกรม	137

ภาคผนวก.....	146
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและหนังสือขอความ อนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	147
ภาคผนวก ข ผลการพิจารณาคูณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	154
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟ โอพีเอส	167
ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	192
ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนและตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหาทางเคมีของนักเรียน	203
ประวัติผู้เขียน.....	212



สารบัญตาราง

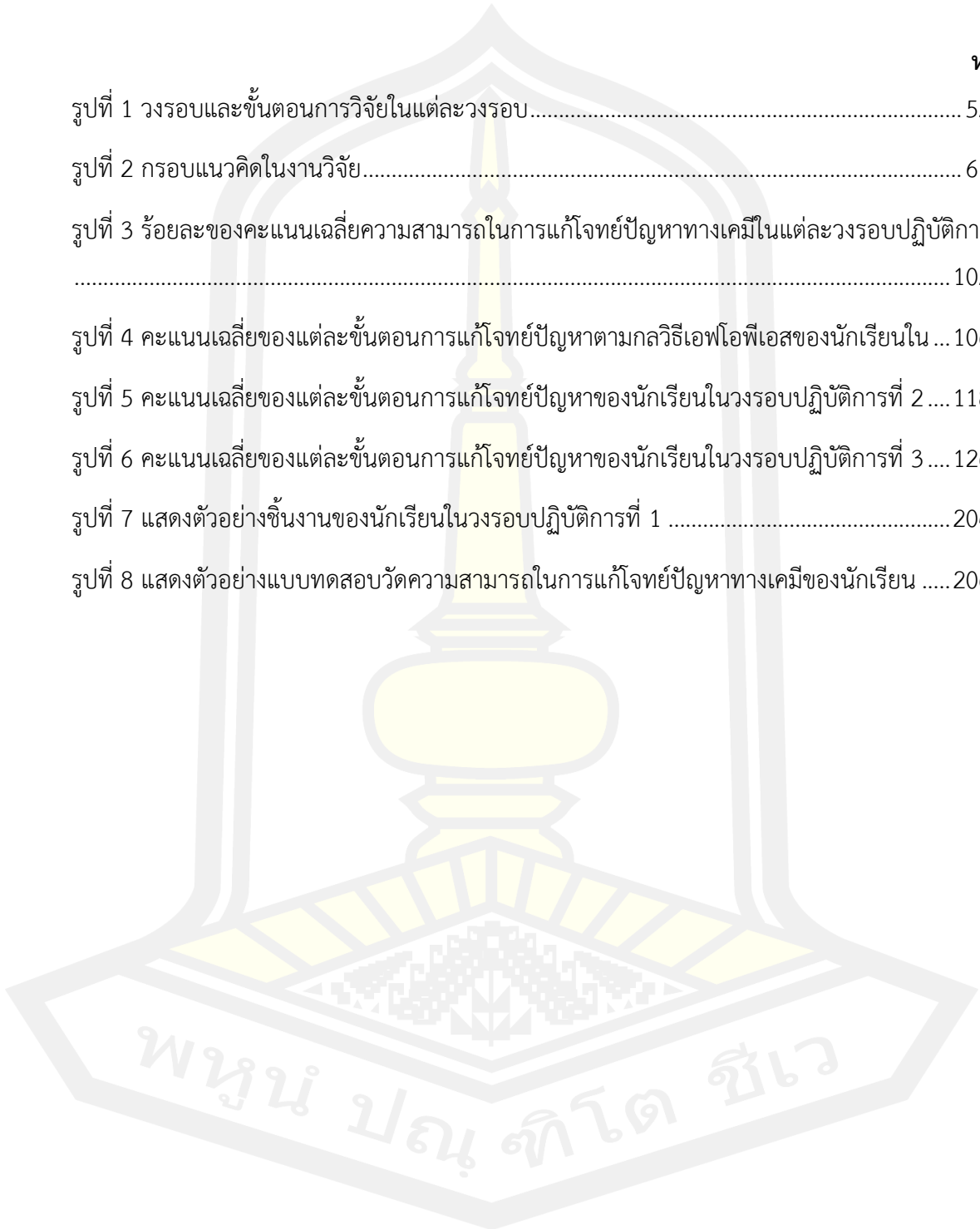
	หน้า
ตารางที่ 1 การให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้ปัญหา.....	48
ตารางที่ 2 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา.....	48
ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา.....	49
ตารางที่ 4 ผลคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณ.....	63
ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565.....	66
ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อสอบสำหรับ	83
ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา.....	84
ตารางที่ 8 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีแบ่งตามเกณฑ์...	99
ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ยความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4.....	100
ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์	104
ตารางที่ 11 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหามองรอบปฏิบัติการที่ 2	113
ตารางที่ 12 ผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์	117
ตารางที่ 13 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหามองรอบปฏิบัติการที่ 3	124
ตารางที่ 14 ผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์	125
ตารางที่ 15 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ	155
ตารางที่ 16 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างโจทย์ปัญหากับจุดประสงค์การ..	158
ตารางที่ 17 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างโจทย์ปัญหากับจุดประสงค์การ..	159
ตารางที่ 18 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างโจทย์ปัญหากับจุดประสงค์การ..	160
ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบการวัด	161

- ตารางที่ 20 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบการวัดความสามารถในการแก้...162
- ตารางที่ 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้163
- ตารางที่ 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสัมภาษณ์นักเรียน164
- ตารางที่ 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหา166



สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1 วงรอบและขั้นตอนการวิจัยในแต่ละวงรอบ.....	52
รูปที่ 2 กรอบแนวคิดในงานวิจัย.....	61
รูปที่ 3 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ	102
รูปที่ 4 คะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอพโอพีเอสของนักเรียนใน ...	106
รูปที่ 5 คะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 2	118
รูปที่ 6 คะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 3	126
รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1	204
รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียน	206



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการศึกษาค้นคว้า หาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล การคิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ และจิตวิทยาาสตร์ให้เกิดวิสัยทัศน์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติ ให้เป็นมนุษย์ที่มีความเจริญทางด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐานรวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษาต่อการประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิตโดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้จัดการเรียนการสอนโดยยึดนักเรียนเป็นสำคัญให้เกิดผลตามสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ก็ได้ให้ความสำคัญของการแก้ปัญหา โดยกำหนดให้เป็นสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน เพราะความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่จะเผชิญได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม ซึ่งตั้งอยู่บนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เพื่อให้เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นอกจากนี้การแก้ปัญหายังช่วยให้นักเรียนมีแนวทางการคิดที่หลากหลาย มีนิสัยกระตือรือร้นไม่ย่อท้อ และมีความมั่นใจในการแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งภายในและภายนอกห้องเรียน ตลอดจนเป็นทักษะพื้นฐานที่นักเรียนสามารถนำติดตัวไปใช้ในชีวิตประจำวันได้นานตลอดชีวิต (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551)

ความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอน โดยปกติจะพบได้ในวิชาคณิตศาสตร์ ส่วนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ทักษะนี้ก็ยิ่งปรากฏในรายวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา แต่เนื่องด้วยผู้วิจัยได้ปฏิบัติหน้าที่สอนในรายวิชาเคมีจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของความสามารถในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับรายวิชาเคมี ซึ่งรายวิชาเคมีเป็นศาสตร์อีกสาขาหนึ่งของวิทยาศาสตร์ ที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ศึกษากฎ นิยาม หลักการ หรือทฤษฎีต่าง ๆ เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ในธรรมชาติ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2553) โดยในรายวิชาเคมีเป็นวิชา

ที่เกี่ยวข้องกับสาร การเปลี่ยนแปลงและการเกิดปฏิกิริยาของสาร ซึ่งประกอบไปด้วยระดับมหภาค อนุภาค และสัญลักษณ์ โดยมีความเป็นนามธรรม ไม่สามารถสังเกตด้วยตาเปล่าได้ และยากต่อการทำความเข้าใจ (Gabeel, 1999) และเนื้อหาที่มีความซับซ้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับเคมีคำนวณเพราะนักเรียนจะต้องแก้โจทย์ปัญหาที่ต้องอาศัยความรู้ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และทักษะการคำนวณ นำไปประยุกต์ใช้เพื่อแก้โจทย์ปัญหา (Osborne & Collins, 2000) จากข้างต้นจะเห็นได้ว่าการแก้ปัญหาคือสิ่งสำคัญและจำเป็นที่ผู้เรียนทุกคนจะต้องเรียนรู้ เข้าใจ สามารถคิดเป็น แก้ปัญหาได้ เพื่อที่จะได้นำกระบวนการนี้ไปใช้ในการแก้ปัญหในการสอน นักเรียนให้รู้จักแก้ปัญหามาเพื่อที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างมีเหตุผล มีขั้นตอน มีระเบียบ แบบแผนและรู้จักตัดสินใจได้อย่างถูกต้อง (สิริพร ทิพย์คง, 2544) ดังนั้นจุดมุ่งหมายหนึ่งในการเรียนวิชาเคมีก็คือนักเรียนจะต้องมีความสามารถในการแก้ปัญหามาทางเคมี ซึ่งปัญหาที่กล่าวถึงนี้มีลักษณะเป็นโจทย์ปัญหาที่เป็นสถานการณ์ต่าง ๆ ที่ครูเป็นผู้เตรียมให้ มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพกับนักเรียน และต้องดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องและเหมาะสมกับเนื้อหาและความสามารถของนักเรียนด้วย

ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (Ordinary National Education Test: O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร วิชาวิทยาศาสตร์ โดยภาพรวมแล้วพบว่ามีความเฉลียวต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศซึ่งจากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐานปีการศึกษา 2563 ของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร พบว่าคะแนนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีคะแนนผลการทดสอบคือ 28.11 คะแนน (รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษาปีการศึกษา 2563, 2564) และจากการที่ผู้วิจัยได้ทำหน้าที่ในการจัดการเรียนการสอนในฐานะนิตตีฝึกประสบการณ์วิชาชีพครูในรายวิชาเคมี 1 ซึ่งมีเนื้อหาบางส่วนที่เกี่ยวข้องกับเคมีคำนวณ ในภาคเรียนที่ 1/2565 ให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ณ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ร่วมกับการสัมภาษณ์ครูผู้สอนในรายวิชาเคมี พบว่าเมื่อครูให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนส่วนใหญ่จะวิเคราะห์โจทย์ไม่ได้ ไม่รู้ว่าข้อมูลที่โจทย์ให้มากับสิ่งที่โจทย์ให้หาความสัมพันธ์หรือเชื่อมโยงกันอย่างไร ไม่สามารถตอบคำถามหรือแก้ปัญหามีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในส่วนที่เป็นการคำนวณได้ นักเรียนสามารถคำนวณจากสูตรได้ แต่เมื่อถามว่าทำไมถึงใช้สูตรนี้ นักเรียนจะไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่สอดคล้องกันได้ และการแก้โจทย์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นวิทยาศาสตร์มาแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ นอกจากนี้เวลาที่ครูสอน ครูส่วนใหญ่มักจะคำนึงถึงแต่เนื้อหาว่าจะสอนทันเวลาหรือไม่ ทำให้ครูเลือกที่จะใช้วิธีการสอนแบบบรรยายแทนวิธีการสอนที่จะให้นักเรียนลงมือทำกิจกรรมเอง ซึ่งทำให้นักเรียนขาดความสนใจที่อยากจะเรียน (พงษ์ศักดิ์ ขอบงดี, 2559) จึงส่งผลให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนไม่ดีเท่าที่ควร

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาการแก้โจทย์ปัญหาเป็นส่วนที่สำคัญส่วนหนึ่งของการเรียนวิชาเคมีซึ่งจะต้องนำความรู้ความเข้าใจในนิยาม หลักการ กฎ หรือทฤษฎีทางเคมีมาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ ผู้วิจัยจึงได้ค้นคว้ารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมสำหรับนำมาพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ ปัญหา พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย (Deductive Method) คือกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด โดยการช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีหลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเรื่องที่เรียน แล้วจึงให้ตัวอย่างการใช้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุปนั้นหลาย ๆ ตัวอย่าง ข้อดีของวิธีสอนแบบนิรนัยคือใช้เวลาไม่ยาว เพราะนักเรียนสามารถนำกฎหรือสูตรที่เคยเรียนมาแล้วไปใช้ได้เลย ทำให้นักเรียนจำกฎ หรือสูตรได้แม่นยำ ช่วยฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผลไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการตรวจสอบหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง (สิริพร ทิพย์คง, 2545; ทิศนา แคมมณี, 2556) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย สุวิทย์ มูลคำและคณะ (2545) ได้เสนอไว้ว่ามี 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ ขั้นที่ 3 ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการขั้นที่ 4 ขั้นตรวจสอบและสรุป และขั้นที่ 5 ขั้นฝึกปฏิบัติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงคาดว่า การจัดการเรียนรู้ แบบนิรนัยจะช่วยให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผลไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการตรวจสอบหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้ และกล้าตัดสินใจแก้โจทย์ได้ด้วยตัวเอง รวมทั้งยังจะทำให้ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย และผู้วิจัยเห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยนั้น ยังมีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาที่ยังไม่ชัดเจนนักผู้วิจัยจึงได้นำกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) ที่เป็นกลวิธีหนึ่งในการแก้โจทย์ปัญหา ตามแนวการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน ที่ประกอบด้วยขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาควบคู่กับการเตือนตนเอง (Self-monitoring) ในทุกขั้นตอนของกลวิธี เพื่อตรวจสอบกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา มาใช้เพื่อเป็นตัวช่วยให้นักเรียนสามารถใช้กระบวนการแก้โจทย์ปัญหาในการหาคำตอบได้อย่างดียิ่งขึ้น ซึ่ง Jitendra and Star (2011) ได้นำเสนอรายละเอียด 4 ขั้นตอน ของกลวิธีเอฟโอพีเอสไว้ดังนี้ ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F-Find the problem type) ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O-Organize the information in the problem using the diagram) ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P-Plan to solve the problem) ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S-Solve the problem) ซึ่งกลวิธีนี้จะเน้นการเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์หรือสูตรสมการในการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาจนถึงการแก้โจทย์ปัญหาให้ได้คำตอบ นอกจากนี้กลวิธีเอฟโอพีเอสนั้นยังได้ให้ความสำคัญกับการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ซึ่งถือว่ามีผลจำเป็นต่อการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่ากลวิธีแก้โจทย์ปัญหาดังกล่าวมีความเหมาะสมที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมี สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างหลากหลาย เป็นลำดับขั้นตอนและมีประสิทธิภาพ และสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

จากสาเหตุและปัญหาที่ได้กล่าวมา กระบวนการที่จะสามารถทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีความรู้ความเข้าใจในบทเรียนและมีความสนใจในการเรียน ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการทำการวิจัยที่ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จังหวัดกาฬสินธุ์ เพื่อให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างมีลำดับขั้นตอน

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ความสำคัญของการวิจัย

1. เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส ที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการพัฒนากระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวิชาเคมีที่เน้นการแก้โจทย์ปัญหาในระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการซึ่งมีขอบเขตการศึกษาดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา กาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ซึ่งได้จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายจากการนำเครื่องมือแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ไปทดสอบกับนักเรียนพบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 มีนักเรียนที่คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 29 คน จากนักเรียนทั้งหมด 38 คน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 76.32 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งจะเป็น

กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

2. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ คือ เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ใช้เวลา 14 ชั่วโมง

4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส

4.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย** หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่ผู้สอนให้นักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎีหลักการ กฎ หรือข้อสรุป เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนก่อน จากนั้นจึงให้ผู้เรียนนำข้อสรุป กฎเกณฑ์ ไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบข้อสรุป กฎเกณฑ์ ทำให้เกิดความรู้ใหม่จากการแก้สถานการณ์ที่หลากหลาย ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา ครูเสนอปัญหาหรือระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของปัญหา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ เมื่อมีประเด็นปัญหาเป็นที่ยอมรับ จึงร่วมกันกำหนดขอบเขต แจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้ชัดเจน

2. ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ ครูสอนแนวคิด ทฤษฎี หลักการ กฎ สาระสำคัญใหม่ให้กับนักเรียน โดยจะแนะนำแนวคิด อธิบายกฎที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทฤษฎีหลักการนั้น จากนั้นจึงร่วมกันสรุปทฤษฎี หลักการ กฎ สาระสำคัญที่ได้จากการเรียนรู้

3. ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ นักเรียนเลือกใช้ทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ โดยมีครูคอยให้คำแนะนำและนักเรียนต้องแก้ปัญหาด้วยตนเอง

4. ขั้นตรวจสอบและสรุป นักเรียนตรวจสอบและสรุปทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปหรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้องสมเหตุสมผลหรือไม่ ซึ่งวิธีการตรวจสอบและสรุปอาจทำได้หลายวิธีเช่น ปรึกษาครูผู้สอน จากการทดลอง หรือค้นคว้าจากตำราต่าง ๆ โดยมีครูคอยให้คำแนะนำ

5. **ขั้นฝึกปฏิบัติ** ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาใหม่ให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย และนักเรียนต้องแก้ปัญหาด้วยตนเองจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้

2. กลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) หมายถึง กลวิธีการสอนอย่างหนึ่งที่มุ่งให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้น โดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน ที่ประกอบด้วยขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา ควบคู่กับการเตือนตนเอง (Self-monitoring) ซึ่งมีขั้นตอน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F-Find the problem type) นักเรียนพิจารณาข้อมูลของโจทย์ปัญหาพร้อมทั้งทำความเข้าใจระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการและสิ่งที่โจทย์กำหนด

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O-Organize the information in the problem using the diagram) นักเรียนอ่านปัญหา ระบุข้อมูลที่สำคัญของโจทย์ปัญหามาเสนอข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดยใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแสดงแทนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P-Plan to solve the problem) นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ไปสู่การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาโดยการเลือกใช้สูตรสมการ ทฤษฎีทางเคมีที่เกี่ยวข้องในการแก้โจทย์ปัญหาแสดงเป็นลำดับขั้นความคิดของนักเรียน

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S-Solve the problem) นักเรียนแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาหรือกระบวนการในการคำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และคำตอบถูกโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานที่ตนเองสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหา

3. การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ผู้สอนจะให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทฤษฎี หลักการ กฎ หรือข้อสรุป แล้วจึงนำความรู้เหล่านั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือแก้โจทย์ปัญหา เพื่อฝึกให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงไปสู่ความสัมพันธ์หรือสูตรสมการในการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนและมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา ครูเสนอปัญหาหรือระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของปัญหา เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ เมื่อมีประเด็นปัญหาเป็นที่ยอมรับ จึงร่วมกันกำหนดขอบเขต แจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้ชัดเจน

2. ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ ครูสอนแนวคิด ทฤษฎี หลักการ กฎ สาระสำคัญใหม่ให้กับนักเรียน โดยจะแนะนำแนวคิด อธิบายกฎที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทฤษฎีหลักการนั้น จากนั้นจึงร่วมกันสรุปทฤษฎี หลักการ กฎ สาระสำคัญที่ได้จากการเรียนรู้

3. ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ นักเรียนเลือกใช้ทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ได้รับจากการเรียนรู้อย่างไรในการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้ โดยมีครูคอยให้คำแนะนำและนักเรียนต้องแก้ปัญหาด้วยตนเอง โดยในขั้นนี้จะบูรณาการร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งนักเรียนจะดำเนินการแก้โจทย์ปัญหตามกลวิธีเอฟโอพีเอสทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา โดยทำความเข้าใจข้อมูลในโจทย์ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มาหรือสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ โดยทำการแปลงข้อมูลในโจทย์ให้เป็นแผนภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ทางเคมีของปริมาณทางเคมีที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้อง การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา คือ จะต้องมีการวางแผนขั้นตอนในการคำนวณแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถเขียนสมการที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง และการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งต้องดำเนินการคำนวณตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น ๆ รวมทั้งตรวจสอบคำตอบที่ได้

4. ขั้นตรวจสอบและสรุป นักเรียนตรวจสอบและสรุปทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปหรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้องสมเหตุสมผลหรือไม่ ซึ่งวิธีการตรวจสอบและสรุปอาจทำได้หลายวิธีเช่น ปรีกษาครูผู้สอน จากการทดลอง หรือค้นคว้าจากตำราต่าง ๆ โดยมีครูคอยให้คำแนะนำ

5. ขั้นฝึกปฏิบัติ ครูเสนอสถานการณ์ปัญหาใหม่ให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย และนักเรียนต้องแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้โดยในขั้นนี้จะบูรณาการร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสในการแก้โจทย์ปัญหาซึ่งนักเรียนจะดำเนินการแก้โจทย์ปัญหตามกลวิธีเอฟโอพีเอสทั้งหมด 4 ขั้นตอนคือ คือ การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา โดยทำความเข้าใจข้อมูลในโจทย์ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มาหรือสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาได้ การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ โดยทำการแปลงข้อมูลในโจทย์ให้เป็นแผนภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ทางเคมีของปริมาณทางเคมีที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้อง การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา คือ จะต้องมีการวางแผนขั้นตอนในการคำนวณแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถเขียนสมการที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง และการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งต้องดำเนินการคำนวณตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น ๆ รวมทั้งตรวจสอบคำตอบที่ได้

4. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจข้อมูลในโจทย์ปัญหา โดยการวิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มา หรือต้องการให้หาได้ แล้วทำการแปลงข้อมูลในโจทย์ให้เป็นสัญลักษณ์ทางเคมีของปริมาณทางเคมีที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีการวางแผนขั้นตอนในการคำนวณแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถเขียนสมการที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง จากนั้นดำเนินการคำนวณตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น ๆ รวมทั้งตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหตามขั้นตอนของกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS) ตามทฤษฎีของ Jitendra et al. (2010) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหา

ลงในแผนภาพ การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา และการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งวัดประเมินผลโดย
แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นแบบทดสอบอัตนัย
จำนวน 3 ชุด ชุดละ 6 ข้อ



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการ ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560
2. บริบทโรงเรียน
 - 2.1 บริบททั่วไป
 - 2.2 บริบทด้านการเรียนการสอน
 - 2.3 บริบทในชั้นเรียน
3. การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย
4. กลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy)
5. ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
6. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 7.1 งานวิจัยในประเทศ
 - 7.2 งานวิจัยต่างประเทศ

ตัวชี้วัดและหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ได้ทำการปรับปรุงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี มีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ และสาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งองค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ได้กำหนดตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระ ในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ได้กล่าวว่า ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

- 1) เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- 2) เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- 3) เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
- 4) เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มวลมนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 5) เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 6) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 7) เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

ซึ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น

สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

เนื่องจากผู้วิจัยได้ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับรายวิชาเคมีเพิ่มเติมจึงได้นำมาตรฐานการเรียนรู้ในสาระเคมีเพิ่มเติมมาแสดงดังต่อไปนี้

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

คำอธิบายรายวิชา

งานวิจัยนี้ได้ใช้คำอธิบายรายวิชาที่จัดทำขึ้นโดยหมวดวิทยาศาสตร์ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ใช้สำหรับการจัดการเรียนรู้ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เล่ม 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

คำอธิบายรายวิชา

ว31222 เคมีเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต

ศึกษาและคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอมของธาตุ มวลของธาตุ 1 อะตอม มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุลของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล อนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP ศึกษาหน่วยและการคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย ศึกษาและทดลองเตรียมสารละลาย ศึกษาและทดลองและเปรียบเทียบจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลาย ศึกษาความหมายและเขียนสูตรโมเลกุล สูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่าย และสูตรโครงสร้าง การคำนวณหามวลเป็นร้อยละจากสูตร การคำนวณหาสูตรเอมพิริคัลและสูตรโมเลกุลของสาร ศึกษาการเขียนและดุลสมการเคมีและคำนวณหาอัตราส่วนจำนวนโมลของสารตั้งต้นที่ทำให้ปฏิกิริยาพอดีกัน ศึกษาสมบัติของระบบปิดและระบบเปิด ศึกษาและฝึกคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีที่เป็นไปตามกฎทรงมวล กฎสัดส่วนคงที่ ศึกษาและฝึกคำนวณปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมีตามกฎของเกย์-ลูสแซก และกฎของอาโวกาโดร ศึกษาและฝึกคำนวณหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของสารในสมการเคมีนั้นๆ และสมการเคมีที่เกี่ยวข้องมากกว่าหนึ่งสมการ สารกำหนดปริมาณ ผลลัพธ์

โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบค้นข้อมูล การสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้เกิด ความรู้ความเข้าใจ มีความสามารถในการสื่อสารสิ่งที่เรีเรียนรู้ การตัดสินใจ การนำความรู้ไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน มีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

ผลการเรียนรู้

1. บอกความหมายของมวลอะตอมของธาตุ และคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวล โมเลกุลและมวลสูตร
2. อธิบายและคำนวณปริมาณใดปริมาณหนึ่งจากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP
3. คำนวณอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่
4. คำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร
5. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ
6. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรของ สารละลายตามที่กำหนด
7. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์รวมทั้งคำนวณจุด เดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย
8. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมีเขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด
9. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร
10. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย
11. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส
12. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน
13. ระบุสารกำหนดปริมาณและค่า นวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี
14. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี

บริบทโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคารเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาประจำอำเภอ สังกัดกรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ก่อตั้งเมื่อวันที่ 22 พฤษภาคม พ.ศ. 2513 ตั้งอยู่ที่เลขที่ 115 ถนนขอนแก่น-ยางตลาด หมู่ที่ 20 บ้านดอนปอแดง ตำบลยางตลาด อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ 46120 เป็นโรงเรียนประเภทสหศึกษารับนักเรียนทั้ง ชาย หญิง ปัจจุบันเปิดทำการเรียนการสอนในระดับ มัธยมศึกษาตอนต้น และมัธยมศึกษาตอนปลาย รวม 49 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 1,696 คน โดย แยกเป็นนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 954 คน นักเรียนในระดับชั้น

มัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 742 คน มีบุคลากรทั้งสิ้น 85 คน เป็นชายจำนวน 30 คน เป็นหญิงจำนวน 55 คน บริหารโรงเรียนโดย นางกุสุมาวดี พลเรืองทอง ผู้อำนวยการโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร (โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร, 2565)

1. บริบททั่วไป

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ตั้งอยู่ในเขตตำบลยางตลาด อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ มีพื้นที่ประมาณ 150 ไร่ โดยมีอาคารเรียนทั้งหมด 7 อาคาร ไม่รวมอาคารอเนกประสงค์ต่าง ๆ ซึ่งปัจจุบันในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 นักเรียนทุกชั้นเรียนจะเรียนที่ห้องประจำของตัวเอง ซึ่งห้องประจำส่วนมากโปรเจคเตอร์จะใช้งานไม่ได้ สำหรับห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์จะมีทั้งหมด 2 ห้องคือห้อง 211 และห้อง 213 มีอุปกรณ์พื้นฐานในการทำปฏิบัติการเพียงพอสำหรับนักเรียนแบบกลุ่มแต่สารเคมีมีน้อยมากหรือถ้ามีสารเคมีนั้นก็หมดอายุแล้วจึงทำให้สามารถปฏิบัติการทดลองต่าง ๆ ได้เฉพาะปฏิบัติการพื้นฐานเท่านั้น โรงเรียนมีแหล่งสืบค้นเรียนรู้หอสมุด 1 ห้อง มีห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 2 ห้อง จึงมีความสะดวกในการสืบค้นหาข้อมูลสำหรับนักเรียนอย่างมาก

2. บริบทด้านการเรียนการสอน

1. วิสัยทัศน์

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร เพิ่มโอกาสทางการศึกษา พัฒนาคุณภาพได้มาตรฐานสากลบนความเป็นไทย ภายใต้การบริหารที่มีประสิทธิภาพ สู่ความมั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน ภายในปี 2565

2. นโยบาย

2.1 มุ่งพัฒนาคุณภาพผู้เรียนให้มีผลสัมฤทธิ์สูงสุด ทั้งด้านสุขภาพ ด้านความรู้และด้านคุณธรรม

2.2 ส่งเสริมความเป็นเลิศของนักเรียน และเตรียมความพร้อมสู่การแข่งขันในเวทีระดับภูมิภาคทุกด้าน

2.3 มุ่งพัฒนาครูและบุคลากรทางการศึกษา ให้เป็นบุคลากรมืออาชีพ มีความรู้ความสามารถ มีคุณธรรมจริยธรรม เพื่อการปฏิบัติงานได้เต็มศักยภาพ

2.4 มุ่งพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.5 ส่งเสริมการบริหารจัดการศึกษาโดยใช้หลักธรรมาภิบาล เน้นการบริหารงานโดยใช้โรงเรียนเป็นฐาน (SBM) อย่างเป็นรูปธรรม

2.6 มุ่งส่งเสริมการดำเนินการตามระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด

2.7 ส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการเรียนรู้และการบริหารจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ

2.8 สร้างภาคีเครือข่าย และส่งเสริมความสัมพันธ์และความร่วมมือระหว่างโรงเรียน ผู้ปกครอง ชุมชน องค์กรภาครัฐและเอกชน ในการจัดและพัฒนาการศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม

3. บริบทในชั้นเรียน

บริบทในชั้นเรียนของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคารจัดห้องเรียนเป็นแบบฟันปลาคือในห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ที่ไม่ใช่ห้องเรียนพิเศษจะจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถจึงทำให้นักเรียนในแต่ละห้องมีทั้งนักเรียนที่เรียนเก่ง ปานกลาง และอ่อนอยู่ด้วยกัน โดยนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในการทำวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 38 คน แบ่งเป็น ชาย 16 คน และหญิง 22 คน เป็นห้องเรียนแผนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนักเรียนในห้องเรียนนี้จะชอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบมีส่วนร่วม การถาม-ตอบในชั้นเรียน และไม่ชอบการเรียนการสอนแบบบรรยายที่ไม่มีการโต้ตอบกันในชั้นเรียนเนื่องจากนักเรียนจะง่วงและไม่จดจ่อกับเนื้อหาที่เรียน พฤติกรรมในการเรียนวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนของนักเรียนคือนักเรียนไม่สามารถตอบคำถามหรือแก้โจทย์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ในส่วนที่เป็นการคำนวณ นักเรียนสามารถคำนวณจากสูตรได้ แต่เมื่อถามว่าทำไมถึงใช้สูตรนี้ นักเรียนจะไม่สามารถบอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่สอดคล้องกันได้ และการแก้โจทย์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่เป็นวิทยาศาสตร์มาแก้โจทย์ปัญหาได้

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

1. ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยเป็นการจัดการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำข้อสรุป ข้อค้นพบ ไปใช้ในการแก้ปัญหาและสถานการณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งมีนักการศึกษาและหน่วยงานทางการศึกษาได้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

กรมวิชาการ (2544) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบนิรนัย เป็นการสอนที่ตรงกันข้ามกับการสอนแบบอุปนัย คือ วิธีสอนแบบนี้จะสอนให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยการเริ่มจากการนำกฎเกณฑ์ นิยาม ข้อสรุป สูตร หรือหลักการต่าง ๆ ที่เรารู้มาแล้วนำมาใช้เพื่อที่จะแก้ปัญหาเรื่องใหม่

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2545) ได้กล่าวถึงความหมายของการสอนนิรนัย คือ กระบวนการที่ผู้สอนจัดการเรียนรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ กฎ ทฤษฎีหลักเกณฑ์ ข้อเท็จจริงหรือข้อสรุปตามวัตถุประสงค์ในบทเรียนจากนั้นจึงให้ตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่าง หรืออาจให้ผู้เรียนฝึกนำทฤษฎี หลักการ หลักเกณฑ์ กฎ หรือข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย หรืออาจเป็นลักษณะให้ผู้เรียนหาหลักฐานเหตุผลมาพิสูจน์ยืนยันทฤษฎี กฎ หรือข้อสรุปเหล่านั้น การจัดการเรียนรู้แบบนี้จะช่วย

ผู้เรียนเป็นคนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ และมีความเข้าใจในกฎเกณฑ์ ทฤษฎี ข้อสรุปเหล่านั้นอย่างลึกซึ้ง การสอนแบบนี้อาจกล่าวได้ว่า เป็นการสอนจากทฤษฎีหรือกฎไปสู่ตัวอย่างที่เป็นรายละเอียด

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้ให้ความหมายของวิธีสอนแบบนิรนัยว่าเป็นวิธีสอนที่เริ่มต้นจากการนำตัวอย่างไป กฎหรือสูตรที่ทราบอยู่แล้วมาตรวจสอบข้อเท็จจริงแล้วนำมาใช้ในการแก้ปัญหาใหม่และเกิดข้อสรุปใหม่ขึ้น

ฉันท ชาติทอง (2551) ให้ความหมายของการสอนแบบนิรนัยว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ โดยให้ผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจในหลักเกณฑ์ กฎ กติกา แนวคิด ทฤษฎี ข้อเท็จจริง หรือข้อสรุป จากนั้นจึงผู้เรียนนำสิ่งที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ พร้อมยกตัวอย่างประกอบ

ชนาธิป พรกุล (2554) ได้ให้ความหมายของการสอนบทเรียนแนะนำด้วยวิธีนิรนัยไว้ว่าการนิรนัย (Deduction) เป็นกระบวนการหาความรู้วิธีหนึ่ง เมื่อรู้กฎ หรือข้อความรู้ แล้วศึกษาหาตัวอย่างหรือหลักฐานมาสนับสนุนกฎนั้น วิธีสอนแบบนิรนัยเป็นวิธีสอนที่ครูบอก กฎ/ หลักการ/ ข้อสรุป แล้วจึงยกตัวอย่างเพื่อยืนยันความเป็นจริงของกฎการสอนกระบวนการคิดโดยใช้บทเรียนแนะนำด้วยวิธีนิรนัยก็มีวิธีการเช่นเดียวกัน

ทิตนา แชมมณี (2554) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบนิรนัยไว้ว่าเป็นกระบวนการที่ผู้สอนใช้ในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดโดยการช่วยให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับทฤษฎีหลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเรื่องที่เรียนแล้วจึงให้ตัวอย่างหลาย ๆ ตัวอย่างเกี่ยวกับการใช้ทฤษฎี/ หลักการ/ กฎ หรือข้อสรุปนั้น ๆ อย่างลึกซึ้งขึ้น หรือกล่าวสั้น ๆ ได้ว่าเป็นการสอนจากหลักการไปสู่ตัวอย่างย่อย ๆ

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยเป็นกระบวนการสอนที่ผู้สอนให้นักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎีหลักการ กฎ หรือข้อสรุป เพื่อให้เข้าใจในเนื้อหาของบทเรียนก่อน จากนั้นจึงให้ผู้เรียนนำข้อสรุป กฎเกณฑ์ ไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบข้อสรุป กฎเกณฑ์ ทำให้เกิดความรู้ใหม่จากการแก้สถานการณ์ที่หลากหลาย

2. วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยเป็นการสอนเพื่อพัฒนาด้านทักษะการคิดแบบองค์รวมแล้วแยกย่อยเพื่อนำไปใช้ในสถานการณ์ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ดังนี้

ยุพิน พิพิธกุล (2530) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการสอนแบบนิรนัยดังนี้

1. ใช้สอนเมื่อต้องการแก้ปัญหายาก ๆ โดยใช้กฎหรือสูตรที่เรียนมาแล้ว
2. นักเรียนจะตัดสินใจเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้จะต้องพิสูจน์ความจริง หรือวิเคราะห์ให้

เสร็จสิ้นเสียก่อน

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2547) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการสอนแบบนิรนัยว่าเป็นวิธีสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ทฤษฎีหลักการหรือกฎเกณฑ์ต่าง ๆ และสามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่หลากหลายได้

เวชฤทธิ์ อังคนะภัทรขจร (2555) ได้กล่าวถึง วัตถุประสงค์ของการสอนแบบนิรนัย ดังนี้

1. ใช้สอนเมื่อต้องการแก้ปัญหายาก ๆ โดยใช้ทฤษฎีบท กฎ สูตร หรือข้อสรุปที่เคยเรียนมาแล้ว
2. ให้นักเรียนสามารถนำทฤษฎีบท กฎ สูตร หรือข้อสรุป ไปประยุกต์ใช้ได้ถูกต้อง จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า วัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยเพื่อให้ผู้เรียนได้นำกฎทฤษฎีข้อสรุป ประเด็นความรู้ ที่มีการกำหนดไว้ให้ศึกษา นำไปสู่การใช้จริงเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น เพื่อให้สามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้ เช่น การทำแบบฝึกหัดเพื่อทดสอบความเข้าใจ การยกตัวอย่างจากกฎ ทฤษฎีข้อสรุป หลักการต่าง ๆ

3. องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

องค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ซึ่งมีนักการศึกษากล่าวไว้หลายท่านดังนี้

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2545) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ดังนี้

1. ทฤษฎีหลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้
2. ตัวอย่างสถานการณ์ที่หลากหลายที่สามารถนำทฤษฎีหลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้นั้นไปใช้ได้
3. การฝึกนำทฤษฎีหลักการ กฎ หรือข้อสรุปในเนื้อหาที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย
4. ผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการนำหลักการไปใช้

ฉันท ชาติทอง (2551) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการสอนแบบนิรนัยซึ่งประกอบด้วย

1. ทฤษฎีหลักการ กฎ กติกา ข้อสรุป
2. ตัวอย่างสถานการณ์ที่นำทฤษฎีหลักการ กฎ กติกา ข้อสรุปไปใช้
3. การฝึกทักษะ

ทิตนา แคมมณี (2554) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่สำคัญที่ขาดไม่ได้ของวิธีสอนนิรนัย ดังนี้

1. มีทฤษฎี/ หลักการ/ กฎ หรือข้อสรุปต่างๆ
2. มีตัวอย่างสถานการณ์ที่หลากหลายที่สามารถนำทฤษฎี/ หลักการ/ กฎ หรือข้อสรุปนั้นไปใช้ได้

3. มีการฝึกนำทฤษฎี/ หลักการ/ กฎ หรือข้อสรุปไปใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย

4. มีผลการเรียนรู้ของผู้เรียนที่เกิดจากการนำหลักการไปใช้

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย คือ ต้องมี ทฤษฎีหลักการ หรือข้อสรุปต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตั้งเป้าหมายในการเรียนรู้ มีตัวอย่างสถานการณ์ หรือปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีการฝึกการใช้ทฤษฎีหลักการ ข้อสรุปเพื่อแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หรือสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และมีการตรวจสอบผลของการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์นั้น ๆ

4. ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยเพื่อให้นักเรียนได้นำกฎ ทฤษฎีข้อสรุป ประเด็นความรู้ที่มี การกำหนดไว้ให้ศึกษา นำไปสู่การใช้จริงเพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น เช่น การทำแบบฝึกหัดเพื่อทดสอบความเข้าใจการยกตัวอย่างจากกฎ ทฤษฎีข้อสรุป หลักการต่าง ๆ โดยมี ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่มีนักการศึกษาและหน่วยงานทางการศึกษาได้นำเสนอไว้ ดังนี้

Enggen, Kauchak and Harder (1979) ได้เสนอขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบ นิรนัยไว้ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นวางแผน เป็นขั้นที่กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนและการจัดเตรียมตัวอย่างที่ จะนำไปใช้ในการประกอบการสอน

2. ขั้นดำเนินการสอน แบ่งออกเป็น 4 ขั้น

2.1 ครูเสนอปัญหาและหลักการในการแก้ปัญหา

2.2 ครูอภิปรายปัญหาต่าง ๆ ร่วมกับนักเรียน

2.3 ครูแสดงตัวอย่างซึ่งเป็นหลักการและตัวอย่างซึ่งไม่ใช่หลักการเพื่ออภิปรายและ วิเคราะห์ในห้องเรียน

2.4 ครูให้นักเรียนหาตัวอย่างหลายตัวอย่างและเสนอตัวอย่างเหล่านั้นในห้องเรียน

3. ขั้นประเมินผล

3.1 จัดแบ่งตัวอย่างให้นักเรียน พร้อมทั้งให้นักเรียนบอกการนำตัวอย่างที่เป็น หลักการไปใช้

3.2 ชักถามนักเรียนเกี่ยวกับการนำหลักการไปใช้พยากรณ์หรืออ้างอิงให้นักเรียน ยกตัวอย่างซึ่งเป็นหลักการและบอกวิธีการนำหลักการไปใช้

กรมวิชาการ (2544) ได้เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ดังนี้

1. ขั้นเตรียม เตรียมบทเรียน เตรียมการสอน และเร้าความสนใจของนักเรียน เป็นขั้น นำไปบทเรียน

2. ชั้นสอน ประกอบด้วย

2.1 อธิบายหลักเกณฑ์หรือกฎต่าง ๆ ครูจะนำทฤษฎีหรือกฎเกณฑ์ คำนียามมา อธิบายให้นักเรียนเข้าใจและเขียนข้อสรุปกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ลงบนกระดานดำ

2.2 ยกตัวอย่างหรือทดลองหรือพิสูจน์ให้เห็นจริงและให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ เช่น ใ้ยกตัวอย่างเพิ่มเติม หรือกระทำและทดลอง พิสูจน์ด้วยตนเอง

3. ชั้นสรุป ให้นักเรียนสรุปกฎเกณฑ์หรือทฤษฎีที่ครูอธิบายนั้นว่า เป็นความจริงทุก ประการข้อสรุปที่ได้เป็นข้อสรุปที่ถูกต้อง

4. ชั้นนำไปใช้ ครูให้นักเรียนนำกฎเกณฑ์หรือทฤษฎีที่พิสูจน์ให้เห็นจริงแล้วไปใช้ในการ ทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม เพื่อให้เกิดความเข้าใจและทักษะดียิ่งขึ้น

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2545) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยไว้ ดังนี้

1. ชั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการเสนอปัญหา หรือ ระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของปัญหา เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ ปัญหาที่นำเสนอ ควรจะเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของชีวิตและเหมาะสมกับวุฒิภาวะของผู้เรียน

2. ชั้นแสดงและอธิบายทฤษฎีหลักการ เป็นการนำเอาทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุปที่ ต้องการมาให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทฤษฎีหลักการนั้น

3. ชั้นใช้ทฤษฎีหลักการ เป็นขั้นที่นักเรียนจะเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ได้รับ จากการเรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้

4. ชั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนจะตรวจสอบและสรุปทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุป หรือนิยามที่ใช้ว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยอาจปรึกษาผู้สอน หรือค้นคว้าจากตำรา ต่าง ๆ หรือจากการทดลอง ข้อสรุปที่ได้พิสูจน์หรือตรวจสอบว่าเป็นจริง จึงจะเป็นความรู้ที่ถูกต้อง

5. ชั้นฝึกปฏิบัติ เมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจในทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุปพอสมควร แล้ว ผู้สอนเสนอสถานการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนฝึกนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ หลากหลาย

ฉันท ธาตุดทอง (2551) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ซึ่งได้นำเสนอ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 กำหนดขอบเขตปัญหา โดยเสนอปัญหาหรือระบุ สิ่งที่จะเรียนรู้ในแง่มุมมอง ปัญหา ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ กระตือรือร้น หาคำตอบ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินถึงวุฒิภาวะของนักเรียน

ขั้นที่ 2 แสดง อธิบาย ทฤษฎีหลักการ นำทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุป ที่ต้องการสอนมา ให้นักเรียนได้เรียนรู้

ขั้นที่ 3 ใช้ทฤษฎีหรือหลักการ นักเรียนอาจเลือกทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุปที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา ที่กำหนดให้

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบและสรุปผล โดยให้นักเรียนตรวจสอบการสรุปทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุป นิยาม

ขั้นที่ 5 ฝึกปฏิบัติ เมื่อนักเรียนเข้าใจทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุป นิยาม อย่างดีแล้ว ผู้สอนเสนอสถานการณ์ใหม่ ให้นักเรียนฝึกการนำความรู้ ที่ได้รับมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

ทิศนา แคมมณี (2554) ได้กล่าวถึงขั้นตอนสำคัญของการสอนแบบนิรนัยโดยเสนอเป็นขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

1. ผู้สอนถ่ายทอดความรู้/ ทฤษฎี/ หลักการ/ กฎ/ข้อสรุปที่ต้องการให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสม
2. ผู้สอนให้ตัวอย่างสถานการณ์ใหม่ที่หลากหลาย ที่สามารถนำความรู้ที่ได้เรียนมาไปใช้
3. ผู้สอนให้นักเรียนฝึกปฏิบัตินำความรู้ ความเข้าใจที่เกิดขึ้นไปใช้ในสถานการณ์ใหม่
4. ผู้สอนให้นักเรียนวิเคราะห์และอภิปรายการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น
5. ผู้สอนวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียน

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยเพื่อใช้การวิจัยครั้งนี้ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนโดยนำแนวคิดของสุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2545) มาปรับใช้ในการจัดการเรียนการสอนเนื่องจากขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนการตรวจสอบและสรุปซึ่งจะทำให้นักเรียนทราบว่านิยามที่ใช้ถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ รวมทั้งสามารถอธิบายขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ได้อย่างละเอียดและชัดเจนดังต่อไปนี้

1. ขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนโดยการเสนอปัญหาหรือระบุสิ่งที่จะสอนในแง่ของปัญหา เพื่อช่วยให้นักเรียนเกิดความสนใจที่จะหาคำตอบ ปัญหาที่นำเสนอควรเกี่ยวข้องกับสถานการณ์ของชีวิตและเหมาะสมกับวุฒิภาวะของผู้เรียน

2. ขั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ เป็นการนำเอาทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุปที่ต้องการสอนมาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทฤษฎีหลักการนั้น

3. ขั้นใช้ทฤษฎี หลักการ เป็นขั้นที่นักเรียนจะเลือกทฤษฎี หลักการ กฎ ข้อสรุปที่ได้รับจากการเรียนรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาที่ได้กำหนดไว้

4. ขั้นตรวจสอบและสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนจะตรวจสอบและสรุปทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุป หรือ นิยามที่ใช้ว่าถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่ โดยอาจปรึกษาผู้สอน หรือค้นคว้าจากตำราต่าง ๆ หรือจากการทดลอง ข้อสรุปที่ได้พิสูจน์หรือตรวจสอบว่าเป็นจริง จึงจะเป็นความรู้ที่ถูกต้อง

5. ขั้นฝึกปฏิบัติ เมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจในทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุปพอสมควรแล้ว ผู้สอนเสนอสถานการณ์ใหม่ให้ผู้เรียนฝึกนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่หลากหลาย

5. ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบนิรนัย

มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนการสอนแบบนิรนัย ดังนี้

สิริพร ทิพย์คง (2545) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของวิธีสอนแบบนิรนัย ดังนี้

ข้อดี สำหรับวิธีสอนแบบนี้คือ ใช้เวลาน้อย เพราะนักเรียนสามารถนำกฎหรือสูตรที่เคยเรียนมาแล้วมาใช้ได้ ทำให้นักเรียนจำกฎหรือสูตรได้แม่นยำ ช่วยฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผลและผลไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการตรวจสอบหรือพิสูจน์ให้เห็นจริง ช่วยทำให้การแก้ปัญหาของนักเรียนมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข้อจำกัด ของวิธีสอนแบบนี้คือ สามารถนำมาใช้สอนได้เฉพาะบางเนื้อหาและเป็นการยากที่จะทำให้นักเรียนที่เริ่มเรียนเข้าใจกฎหรือสูตรที่เป็นนามธรรม ถ้านักเรียนจำสูตรไม่ได้ นักเรียนลืมกฎหรือสูตรนั้น นักเรียนก็จะไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้

สุวิทย์ มูลคำและอรทัย มูลคำ (2545) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบนิรนัย ไว้ดังนี้

ข้อดี

1. เป็นวิธีการที่ช่วยในการถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้ง่าย รวดเร็วและไม่ยุ่งยาก
2. ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ไม่มากนัก
3. ฝึกให้นักเรียนได้นำเอาทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุปหรือนิยามไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ
4. ใช้ได้ผลดีในการจัดการเรียนรู้วิชาศิลปะศึกษาและคณิตศาสตร์
5. ฝึกให้นักเรียนมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการพิสูจน์ให้เห็นจริง

ข้อจำกัด

1. เป็นวิธีการที่ใช้ได้เฉพาะบางเนื้อหา ส่งเสริมคุณค่าในการแสวงหาความรู้และคุณค่าทางอารมณ์ค่อนข้างน้อย
2. เป็นวิธีการที่ครูต้องเตรียมตัวอย่าง สถานการณ์ ปัญหาที่ดีมีความชัดเจนและหลากหลายให้นักเรียนได้ฝึกทำ
3. นักเรียนบางส่วนอาจใช้วิธีการท่องจำมากกว่าการทำความเข้าใจอย่างแท้จริง ความจำจึงเป็นเรื่องจำเป็นและเป็นสิ่งสำคัญ ถ้านักเรียนลืมทฤษฎีกฎ สูตร ก็ไม่สามารถแก้ปัญหาค

ฉันท รัตอุทอง (2551) ได้กล่าวถึงข้อดีและข้อจำกัดของการสอนแบบนิรนัย ไว้ว่า

ข้อดี

1. เป็นวิธีการที่ช่วยถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้ง่าย รวดเร็วไม่ยุ่งยาก

2. ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ไม่มาก

3. ฝึกให้นักเรียนนำทฤษฎีหลักการ กฎ ข้อสรุป นิยาม ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ฝึกการมีเหตุผล ไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ โดยไม่มีการพิสูจน์

ข้อจำกัด

1. ใช้ได้เฉพาะบางเนื้อหา

2. น้อยมาก สำหรับการส่งเสริมให้นักเรียนแสวงหาความรู้และคุณค่าด้านอารมณ์

3. นักเรียนต้องเตรียมตัวอย่าง สถานการณ์ ปัญหาที่ดีและชัดเจน

4. นักเรียนบางส่วนอาจใช้การท่องจำมากกว่าการทำความเข้าใจอย่างแท้จริง

ทิศนา แคมมณี (2554) ได้กล่าวถึงข้อดี ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย

ดังนี้

ข้อดี

1. เป็นวิธีสอนที่ช่วยถ่ายทอดเนื้อหาสาระได้อย่างรวดเร็วและไม่ยุ่งยาก

2. เป็นวิธีสอนที่นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนการนำทฤษฎี/ หลักการไปใช้ใน

สถานการณ์ใหม่ ๆ

3. เป็นวิธีสอนที่เอื้ออำนวยให้นักเรียนที่มีความสามารถหรือเรียนรู้ได้เร็วสามารถ

พัฒนาโดยไม่รอผู้เรียนที่ช้ากว่า

ข้อจำกัด

1. เป็นวิธีสอนที่ครูจำเป็นต้องเตรียมตัวอย่าง/ สถานการณ์/ ปัญหาที่หลากหลายมา

ให้นักเรียนได้ฝึกทำ

2. เป็นวิธีสอนที่ขึ้นกับความเข้าใจและความสามารถของครูในการนำเสนอทฤษฎี

หลักการ

3. เป็นวิธีสอนที่นักเรียนที่เรียนรู้ได้ช้า อาจจะไม่ทันเพื่อน และเกิดปัญหาในการ

เรียนรู้

จากการศึกษาข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย จากนักการศึกษาหลายท่าน การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยมีข้อดีคือใช้เวลาในการจัดกิจกรรมน้อย ถ่ายทอดเนื้อหาได้อย่างรวดเร็ว ช่วยฝึกให้นักเรียนเป็นคนมีเหตุผลและไม่เชื่ออะไรง่าย ๆ แต่ขึ้นอยู่กับศักยภาพของนักเรียน และทักษะพื้นฐานทางด้านกระบวนการคิด และข้อจำกัดคือนักเรียนต้องมีการเตรียมตัวเป็นอย่างดีในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยความรู้เดิม ข้อสรุป หลักการ ทฤษฎีที่เคยเรียนมาแล้ว และครูต้องมีการเตรียมปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลายที่เหมาะสมกับนักเรียน ซึ่งจะใช้ได้เฉพาะบางเนื้อหา และนักเรียนบางส่วนอาจใช้วิธีท่องจำมากกว่าเข้าใจทำให้การเรียนรู้ไม่คงทน

กลยุทธ์เอฟโอพีเอส (FOPS Strategy)

1. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับกลยุทธ์เอฟโอพีเอส

1.1 ทฤษฎีโครงสร้าง (Schema theory) ทฤษฎีนี้เชื่อว่าโครงสร้างภายในของความรู้ของมนุษย์นั้นมีลักษณะที่เชื่อมโยงกันเป็นกลุ่ม การที่มนุษย์จะได้เรียนรู้อะไรใหม่ ๆ นั้น จะเป็นการนำความรู้ใหม่ ๆ ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ นอกจากนั้นทฤษฎีนี้ยังเชื่อเกี่ยวกับความสำคัญของการรับรู้ โดยเชื่อว่าไม่มีการเรียนรู้ใดเกิดขึ้นโดยปราศจากการรับรู้ การรับรู้จะเป็นการสร้าง ความหมายโดยการถ่ายโอนความรู้ใหม่เข้ากับความรู้เดิม นอกจากนั้น โครงสร้างความรู้ยังช่วยในการระลึก (Recall) ถึงสิ่งต่าง ๆ ที่เราเคยเรียนรู้มาอีกด้วย (Anderson, 1977) ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายความหมายของทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema theory) ไว้ดังนี้

Rumelhart (1981) ได้อธิบายความหมายโครงสร้างความรู้ว่า หมายถึง หน่วยความรู้ต่าง ๆ ที่ได้เก็บสะสมไว้ในสมอง ซึ่งหน่วยความรู้เหล่านั้นเป็นตัวแทนความรู้และประสบการณ์ของบุคคล อาจเป็นทั้งความรู้ ความจำ จินตนาการที่เกี่ยวกับประสบการณ์ที่เป็นทั้งรูปธรรมและนามธรรมอาจจะเปรียบเทียบได้ว่า โครงสร้างความรู้ (Schema) เป็นกล่องขนาดใหญ่ที่สามารถบรรจุข้อมูลหลักและข้อมูลย่อย มีความเชื่อมโยงเป็นลำดับขั้น (Building blocks) และเมื่อได้พบข้อมูลใหม่จะเกิดการสร้างความหมาย ถ้าผ่านการตรวจสอบแล้ว ข้อมูลใหม่จะถูกซึมซับไว้เป็นโครงสร้างใหม่ต่อไป

Devine (1986) ได้ให้ความหมายว่า โครงสร้างความรู้ (schema) หมายถึง ความรู้ทั่วไป ซึ่งบุคคลจะสะสมไว้ในหน่วยความจำ เป็นข้อมูลความคิด การรับรู้มโนทัศน์การแก้ปัญหาอารมณ์ โครงสร้างรูปร่างนี้จะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล เด็กมักจะมีโครงสร้างความรู้เดิมน้อยกว่าผู้ใหญ่ และบุคคลวัยเดียวกันอาจจะมีโครงสร้างความรู้ในเรื่องต่าง ๆ แตกต่างกันไปโดยขึ้นอยู่กับประสบการณ์ในการเรียนรู้ของแต่ละคน

Marshall (1995) ได้อธิบายว่า โครงสร้างความรู้เป็นสื่อของหน่วยความจำซึ่งจะช่วยจัดระเบียบประสบการณ์ที่คล้ายกันของแต่ละบุคคล โดยมีลักษณะดังนี้ (1) สามารถรับรู้ประสบการณ์เพิ่มเติมและสามารถบอกได้ว่าประสบการณ์นั้นมีความคล้ายกันหรือแตกต่างกัน (2) สามารถเข้าถึงกรอบทั่วไปที่มีองค์ประกอบที่สำคัญของประสบการณ์ที่คล้ายกันรวมทั้งส่วนประกอบ (3) สามารถเขียนข้อสรุปแสดงความคิดเห็นการสร้างเป้าหมายและพัฒนาโดยใช้โครงร่างและ (4) สามารถใช้ทักษะขั้นตอนหรือระเบียบตามความจำเป็นเมื่อต้องเผชิญกับปัญหา

สรุปได้ว่า โครงสร้างความรู้หมายถึงความรู้ของบุคคลที่เก็บสะสมไว้ซึ่งหน่วยความรู้เหล่านั้นเป็นตัวแทนความรู้และประสบการณ์ของบุคคล มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันเมื่อรับข้อมูลใหม่เข้าไป ถ้าข้อมูลใหม่นั้นมีความสัมพันธ์กับข้อมูลหรือความรู้เดิมบุคคลก็จะสามารถเข้าใจข้อมูลนั้นได้ง่าย และสามารถเก็บข้อมูลใหม่ไว้ได้อย่างเป็นระบบ

1.2 การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน ได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน ไว้ดังนี้

Marshall (1995) ได้กล่าวถึง การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน มีรากฐานมาจากทฤษฎีทางปัญญา (Cognitive theory) ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา โดยมีเป้าหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อสอนหลักการต่าง ๆ (Domain knowledge) โดยให้ความสำคัญกับโครงสร้างความรู้ (Schemata) การหาความสัมพันธ์และการเชื่อมโยงโครงสร้างความรู้หรือหลักการต่าง ๆ เหล่านี้ในกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม

Kalyuga (2006) ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานมีแนวคิดมาจากทฤษฎีโครงสร้างความรู้ (Schema theory) ซึ่งมีแนวคิดพื้นฐานว่าโครงสร้างของปัญหาเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ประสบความสำเร็จในการแก้ปัญหา

Little ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน เป็นวิธีการสอนการแก้โจทย์ปัญหาผ่านการใช้โครงสร้างความรู้ซึ่งเป็นโครงสร้างที่จะช่วยในการจัดการความรู้เพื่อให้นักเรียนทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาที่มีลักษณะแตกต่างกันและเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในการแก้โจทย์ปัญหา

Na (2009) ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน ส่งเสริมให้นักเรียนแก้ปัญหาผ่านการใช้โครงสร้างความรู้ซึ่งมีประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาต่าง ๆ และช่วยในการพัฒนาทักษะการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน

Jitendra et al. (2010) ได้กล่าวว่าการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานเป็นการเรียนการสอนที่เน้นบทบาทของโครงสร้างปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยในการทำความเข้าใจปัญหาการสร้างตัวแทนของปัญหาผ่านการใช้แผนภาพโครงสร้าง (Schematic diagrams) และการจำแนกลักษณะหรือจัดหมวดหมู่ของข้อมูลในปัญหา เพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด นอกจากนี้การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานมีกระบวนการที่ครูเป็นสื่อกลางในการเรียนการสอน (Teacher-Mediated Instruction) ตามด้วยการเรียนรู้แบบจับคู่ผู้เรียน (Paired-Partner Learning) และการเรียนรู้เป็นรายบุคคล (Independent Learning) โดยมีการเสริมต่อความรู้ของนักเรียนผ่านการใช้ภาพแผนภาพ (Visual Diagrams) และตรวจสอบความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียนซึ่งครูสามารถติดตามการเรียนรู้ของนักเรียนที่เปลี่ยนจากครูเป็นสื่อกลางในการเรียนการสอนไปสู่การเรียนรู้เป็นรายบุคคลได้จากวิธีการหรือแผนการในการกำกับตนเองของนักเรียน

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจในปัญหาและสามารถแก้ปัญหาได้ โดยเชื่อมโยงจากความรู้เดิมที่มีอยู่และจำแนกลักษณะหรือจัดหมวดหมู่ของข้อมูลในปัญหาเพื่อนำไปสู่การกำหนดวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม

2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน

Jitendra et al. (1996), Jitendra and Hoff (2002) ได้นำเสนอ 2 ขั้นตอนของการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการเรียนการสอนเกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหา (Problem Schemata Instruction) และขั้นตอนการเรียนการสอนการแก้ปัญหา (Problem Solution Instruction) ไว้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การเรียนการสอนเกี่ยวกับโครงสร้างปัญหา (Problem Schemata Instruction) การเรียนการสอนในขั้นตอนนี้เริ่มต้นด้วยการสอนนักเรียนเป็นกลุ่มเล็ก ๆ ในช่วงเวลาหนึ่งเพื่อสอนเกี่ยวกับโครงสร้างของสถานการณ์หรือปัญหาต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่นักเรียนจะต้องทราบก่อนการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากโครงสร้างเหล่านี้จะช่วยนักเรียนในการจำแนกลักษณะของสถานการณ์หรือปัญหาสำหรับการเรียนการสอนและการทำงานของนักเรียนในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้รับใบงานที่ประกอบด้วยสถานการณ์ และแผนภาพที่แสดงโครงสร้างของสถานการณ์ โดยครูจะต้องแสดงการวิเคราะห์โครงสร้างของสถานการณ์ที่ละประเภทด้วยตัวอย่างที่หลากหลาย เพื่อแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นถึงลักษณะเฉพาะของสถานการณ์ประเภทนั้น ๆ และตามด้วยตัวอย่างสถานการณ์หลาย ๆ ประเภทพร้อมกัน เพื่อแสดงให้เห็นนักเรียนเห็นความแตกต่างของโครงสร้างสถานการณ์ทั้งหมด โดยทั่วไป การเรียนการสอนในขั้นตอนนี้จะดำเนินการสาธิตและสร้างแบบจำลองโดยครูพร้อมกับการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ของนักเรียนเกี่ยวกับการระบุส่วนประกอบที่สำคัญของสถานการณ์ ซึ่งนักเรียนจะต้องอ่านสถานการณ์และวางแผนข้อมูลลงในแผนภาพที่เหมาะสม นอกจากนี้ในตอนท้ายของการเรียนการสอนนักเรียนจะได้ทำใบงานที่ประกอบด้วยสถานการณ์ง่าย ๆ ที่ละประเภทจนสามารถระบุประเภทและเขียนข้อมูลของสถานการณ์ลงในแผนภาพได้ถูกต้องครบทุกประเภท

ขั้นที่ 2 การเรียนการสอนการแก้ปัญหา (Problem Solution Instruction) ขั้นตอนนี้เริ่มต้นด้วยการทบทวนโครงสร้างของปัญหาแต่ละประเภท ในบริบทของโจทย์ปัญหาที่มีจำนวนที่ไม่ทราบค่ามากกว่าสถานการณ์ในลักษณะเดียวกันกับขั้นที่ 1 โดยครูจะเป็นผู้สาธิตการถามคำถามง่าย ๆ เพื่อให้ นักเรียนระบุประเภทของปัญหาและวางแผนข้อมูลของปัญหาลงในแผนภาพ โดยใส่เครื่องหมายคำถามแทนจำนวนที่ไม่ทราบค่า และผลจากการทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมจะสะท้อนให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหานอกจากนี้ครูจะต้องสอนให้นักเรียนเปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพไปสู่สัญลักษณ์ทางวิทยาศาสตร์ ตามด้วยการสอนให้นักเรียนใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา โดย ในขั้นตอนสุดท้ายนักเรียนจะต้องให้เหตุผลเกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล รวมถึงมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้ และเพื่อช่วยให้นักเรียนจดจำโครงสร้างของปัญหาแต่ละนักเรียนจะได้รับใบงานที่ประกอบด้วย โจทย์ปัญหาประเภทต่าง ๆ เพื่อเสริมต่อความรู้จนกว่านักเรียนจะสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยในตอนท้ายของคาบเรียนนักเรียนจะได้รับใบงานที่ประกอบด้วย โจทย์ปัญหาซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับ ตัวอย่างที่ครูสอนที่ละประเภทและตามด้วยใบงาน

ที่ประกอบด้วยปัญหาทุกประเภทโดยมีกลวิธีในการปัญหาเป็นตัวช่วยในการตรวจสอบและสะท้อนเกี่ยวกับการเรียนรู้ของนักเรียน

3. กลวิธีแก้ปัญหาตามแนวการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน

นักการศึกษาได้นำเสนอกลวิธีในการแก้ปัญหาตามแนวการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานไว้ดังนี้

Jitendra (2011) ได้นำเสนอกลวิธีในการแก้ปัญหา DISC ซึ่งเป็นกลวิธีในการแก้ปัญหาตามแนวการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานที่ประกอบด้วยขั้นตอนในการแก้ปัญหาและกระบวนการตรวจสอบการแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนเพื่อติดตามการเรียนรู้และสนับสนุนกลวิธีการรู้คิด (Metacognitive Strategy Knowledge) ของนักเรียนโดยกลวิธี DISC ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ค้นหาประเภทของปัญหา (D-Discover the problem type)

ขั้นที่ 2 ระบุข้อมูลในปัญหาเพื่อเป็นตัวแทนของปัญหาลงในแผนภาพ (I- Identify information in the problem to represent in diagram)

ขั้นที่ 3 แก้ปัญหา (S-Solve the problem)

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบคำตอบ (C-Check the solution)

Dalziel (2008) ได้นำเสนอกระบวนการแก้ปัญหา ROSSC ซึ่งนักเรียนจะต้องมีการเตือนตนเองในขณะที่แก้ปัญหา เพื่อตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาของตนเองไว้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 อ่าน (R-Read)

ขั้นที่ 2 แสดงแผนภาพเพื่อบอกประเภทของปัญหา (O-Figure out what kind of problem)

ขั้นที่ 3 แก้ปัญหา (S-Solve the problem)

ขั้นที่ 4 สรุป (Sentence)

ขั้นที่ 5 ตรวจสอบ (Check It over)

Marshall (1995), Mayer (1999) and Riley et al. (1983) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาผ่านการใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานมีขั้นตอนในการแก้ปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุโครงสร้างความรู้ของปัญหา (Problem Schema Identification)

ขั้นที่ 2 การสร้างตัวแทนของปัญหา (Problem Representation)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหา (Problem Planning) และ

ขั้นที่ 4 การดำเนินการแก้ปัญหา (Problem Solution)

นอกจากนี้การแก้ปัญหาในแต่ละขั้นตอนจะมีความสัมพันธ์กับความรู้เชิงมนทัศน์ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญใช้ในการแก้ปัญหา ดังนี้

1. ความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของปัญหาและการระบุโครงสร้างของปัญหา (Schema Knowledge and Problem Schema Identification) การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน มีแนวคิดสำคัญที่ส่งเสริมให้นักเรียนจดจำแบบรูปหรือโครงสร้างของปัญหา เพื่อใช้ในการจำแนกหรือระบุประเภทของปัญหาถ้าหากโครงสร้างเหล่านั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างชัดเจน จะช่วยให้ทำความเข้าใจปัญหาได้ง่ายขึ้น และเนื่องจากโครงสร้างของปัญหาประเภทต่างๆ (Change, Group, Compare) มีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน การรับรู้โครงสร้างของปัญหาเหล่านั้นจึงเกิดขึ้นพร้อมกันกับการทำความเข้าใจโครงสร้างของปัญหาที่หลากหลาย (นั่นคือ Compared, Referent, Difference)

2. ความรู้เกี่ยวกับการอธิบายปัญหาและการสร้างตัวแทนของปัญหารูปแบบของการแก้ปัญหาผ่านการใช้โครงสร้างความรู้ (Operation Knowledge and Problem Representation) เป็นขั้นตอนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแผนภาพโครงสร้างความรู้ (Schematic Diagram) หรือแบบแผนที่มีความสอดคล้องกับตัวแทนของปัญหาที่ได้รับไว้ในขั้นตอนที่ 1 ซึ่งเป็นการอธิบายรายละเอียดเพิ่มเติมเกี่ยวกับโครงสร้างที่สำคัญของสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่จะนำไปสู่การพัฒนาโครงสร้างความรู้ นักเรียนจะได้วางแผนรายละเอียดของปัญหาภายในแผนภาพโครงสร้างความรู้ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับปัญหา นอกจากนี้จะทำให้ข้อมูลทั้งหมดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันในปัญหาถูกละทิ้ง และสร้างตัวแทนของปัญหาเพื่ออธิบายโครงสร้างของปัญหาได้อย่างเหมาะสม

3. ความรู้เกี่ยวกับกลวิธีในการแก้ปัญหาและการวางแผนการแก้ปัญหา (Strategic Knowledge and Problem Planning) เป็นขั้นตอนในการวางแผนการแก้ปัญหาที่มีมุ่งหมายเพื่อสอนให้นักเรียนเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสม และเขียนประโยคหรือสมการต่าง ๆ ซึ่งในบางครั้งการแก้ปัญหาโดยทั่วไปอาจจะมีประโยชน์ต่อการระบุหรือการอธิบายลักษณะเฉพาะของโครงสร้างปัญหา แต่ก็ไม่ได้แสดงให้เห็นถึงความรู้ที่เกี่ยวข้องกับกลวิธีในการแก้ปัญหาหรือแผนการดำเนินการแก้ปัญหาการวางแผนการแก้ปัญหาอาจจะไม่มีประโยชน์โดยตรงต่อการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนแต่ความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์เป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้สามารถประยุกต์ใช้ความรู้เชิงมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาซึ่งจะนำไปสู่คำตอบของปัญหาได้

4. ความรู้เกี่ยวกับการดำเนินการแก้ปัญหาและการดำเนินการแก้ปัญหา (Execution Knowledge and Problem Solution) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้แสดงการแก้ปัญหาตามแผนการที่วางไว้ ซึ่งจะต้องใช้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับเทคนิคต่าง ๆ ที่จะนำไปสู่คำตอบของปัญหา เช่น การแสดงทักษะหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาโดยปัญหาที่มีลักษณะแตกต่างกันอาจใช้ทักษะหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาเดียวกันเช่นปัญหาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล (Change Problem) ปัญหาเกี่ยวกับการจัดกลุ่มข้อมูล (Group Problem) และปัญหาเกี่ยวกับการเปรียบเทียบข้อมูล (Compare) จะใช้วิธีการบวกหรือการลบในการแก้ปัญหาเนื่องจากปัญหาเหล่านั้นมีพื้นฐานมาจากแนวความคิด

Part-Part-Whole สำหรับความแตกต่างของการวางแผนการแก้ปัญหาและการแก้ปัญหาจะมุ่งเน้นไปที่การเลือกวิธีการและขั้นตอนในการดำเนินการแก้ปัญหาก่อนหน้านี้ซึ่งจะส่งผลให้แผนการดำเนินการแก้ปัญหามีประสิทธิภาพในเวลาต่อมา

4. ขั้นตอนของกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy)

Jitendra et al. (2010) ได้อธิบายไว้ว่ากลวิธีเอฟโอพีเอสเป็นกลวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหตามแนวคิดการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน (Schema-Based Instruction) ที่เน้นบทบาทของโครงสร้างปัญหา ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยในการจำแนกลักษณะของปัญหาการสร้างตัวแทนของปัญหาผ่านการใช้แผนภาพโครงสร้าง (Schematic Diagrams) และการกำหนดวิธีการในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม โดยกลวิธีเอฟโอพีเอสประกอบด้วย 4 ขั้นตอนในการแก้ปัญหาร่วมกับการเตือนตนเอง (Self-Monitoring) เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหา ดังนี้

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของปัญหา (F-Find the Problem Type)

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของปัญหาลงในแผนภาพ (O-Organize the Information in the Problem Using the Diagram)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหา (P-Plan to Solve the Problem)

ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหา (S-Solve the Problem)

ในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหานักเรียนจะต้องใช้การเตือนตนเองเพื่อตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหของตนเองและช่วยให้ครูสามารถติดตามการเรียนรู้ของนักเรียนที่เปลี่ยนจากครูเป็นสื่อกลางในการเรียนการสอน (Teacher-Mediated Instruction) ไปสู่การเรียนการสอนที่นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้ด้วยตัวเอง (Independent Learning) ซึ่ง Kramarski, Mevarech and Arami (2002), Kramarski and Mizrachi (2006), and Pintrich (2002) ได้กล่าวไว้ว่า การเตือนตัวเองเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มีความสำคัญต่อความสามารถในกลวิธีรู้คิด (Metacognitive Strategy Knowledge) และส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะที่ดีในการกำกับตนเอง (Self-Regulation)

Jitendra et al. (2010) ได้อธิบายขั้นตอนของกลวิธีเอฟโอพีเอส สามารถสรุปได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของปัญหา (F-Find the Problem Type) ในขั้นตอนนี้มุ่งเน้นให้นักเรียนอ่านและตีความปัญหาให้เป็นภาษาของนักเรียนเอง ซึ่งจะช่วยให้ทราบว่ามีปัญหาและไม่รู้อะไรในปัญหา โดยนักเรียนจะต้องอ่านปัญหา อ่านปัญหาซ้ำเพื่อทำความเข้าใจข้อมูลในปัญหาให้ชัดเจนและระบุประเภทของปัญหา นอกจากนั้นครูจะต้องมีการขยายความและอธิบายเกี่ยวกับสภาพของปัญหาเพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาและระบุประเภทของปัญหาได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของปัญหาลงในแผนภาพ (O-Organize the Information in the Problem Using the Diagram) ในขั้นตอนนี้เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างตัวแทนของปัญหานักเรียนจะต้องมีความพร้อมที่จะใช้แผนภาพโครงสร้างความรู้ (Schematic Diagrams) ในการออกแบบหรือสร้างตัวแทนของข้อมูลจากประโยคข้อความในปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอ่านปัญหาเพื่อค้นหาข้อมูลหรือจำนวนที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเขียนข้อมูลเหล่านั้นลงในแผนภาพและเขียนเครื่องหมายคำถามแทนจำนวนที่ไม่ทราบค่า จากนั้นนักเรียนต้องสรุปข้อมูลของปัญหาจากแผนภาพที่สมบูรณ์และทบทวนความสัมพันธ์ของข้อมูลในปัญหาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตัวแทนปัญหาอีกครั้ง นอกจากนี้ในขั้นตอนนี้ยังมีการขีดเส้นใต้ข้อมูลที่สำคัญและพิจารณาการเขียนจำนวนลงในแผนภาพตามวัตถุประสงค์และเรื่องราวของปัญหา โดยมุ่งเน้นไปที่ข้อมูลสำคัญที่มีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสนใจและจดจำปัญหาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหา (P Plan to Solve the Problem) ในขั้นตอนนี้เน้นแผนการที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยเริ่มต้นจากการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมจากพื้นฐานของข้อมูลในปัญหาแต่ละประเภท จากนั้นถ่ายโยงข้อมูลในแผนภาพไปสู่สมการ

ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหา (S-Solve the Problem) ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะต้องแก้ปัญหาด้วยวิธีการที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 3 โดยเขียนคำตอบและหน่วยของคำตอบให้สมบูรณ์และมีการตรวจสอบการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบ ความถูกต้องของตัวแทนปัญหาและขั้นตอนในการคำนวณอีกด้วย

Jjitendra et al. (2011) กล่าวว่า ในแต่ละขั้นตอนของการแก้ปัญหาก็จะมีการติดตามผลการเรียนรู้โดยคำถามที่ถูกออกแบบมาเพื่อสะท้อนให้เห็นถึงพฤติกรรมในการแก้ปัญหา โดยมีขอบเขตในการพิจารณา ดังต่อไปนี้

1) ความเข้าใจปัญหา (Problem Comprehension) ตัวอย่างคำถาม เช่น ฉันท่านและอ่านปัญหาซ้ำๆ เพื่อทำความเข้าใจว่าปัญหาให้อะไรมาบ้าง และต้องการให้ทำอะไร ทำไมจึงเป็นปัญหามันมีความคล้ายหรือแตกต่างจากปัญหาที่ฉันทเคยเจออย่างไร

2) ตัวแทนของปัญหา (Problem Representation) ตัวอย่างคำถาม เช่น แผนภาพโครงสร้างความรู้ใดที่สามารถนำเสนอข้อมูลของปัญหาเพื่อแสดงความสัมพันธ์

3) แผนการดำเนินการแก้ปัญหา (Problem Planning) ตัวอย่างคำถาม เช่น ฉันทสามารถสร้างสมการได้อย่างไร กลวิธีใดสามารถนำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้

4) คำตอบของปัญหา (Problem Solution) ตัวอย่างคำถาม เช่น คำตอบสมเหตุสมผลหรือไม่ฉันทสามารถตรวจสอบคำตอบได้อย่างไร

Schwab, Tucci, and Jolivette (2013) กล่าวว่า การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน (SBSI) ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอนของกลวิธีเอฟโอพีเอส ดังต่อไปนี้

- 1) ค้นหาประเภทของปัญหา เป็นขั้นตอนการรับรู้รูปแบบของปัญหา รูปแบบของความรู้ หรือเรียกว่าเป็นการระบุโครงสร้างปัญหา
- 2) จัดระเบียบข้อมูลในปัญหาโดยใช้โครงสร้างไดอะแกรม เป็นขั้นตอนการใช้โครงสร้างไดอะแกรมต่าง ๆ เพื่อแสดงแทนความรู้หรือปัญหานั้น ๆ อย่างละเอียด
- 3) แผนการเพื่อแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการใช้ความรู้เชิงกลยุทธ์ในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหา
- 4) การแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการใช้ความรู้ร่วมกับกลยุทธ์ที่วางแผนไว้ใน การดำเนินการแก้ปัญหา

กลวิธีเอฟโอพีเอส สามารถแยกได้เพราะกลวิธีสัมพันธ์กับประเภทของคำถามเฉพาะ (เช่นการบวก การคูณ การเปรียบเทียบสัดส่วน) นักเรียนเรียนรู้ FOPS โดยผสมผสานเนื้อหาการเรียนการสอนที่ชัดเจนของแต่ละองค์ประกอบอย่างเป็นระบบ ผ่านกระบวนการแก้ปัญหาด้วยการสอนที่ครูเป็นผู้กำกับยกตัวอย่างเช่น ครูสามารถส่งเสริมกลวิธีการแก้ปัญหา 4 ขั้นตอนโดยการสร้างแบบจำลองทางความคิดหรือใช้เอกสารประกอบเพิ่มเติม ส่งเสริมองค์ประกอบการเรียนการสอนด้านความรู้ความเข้าใจและกระบวนการแก้ไขปัญหา แบ่งเวลาการเรียนการสอนให้กับนักเรียนเรียนรู้กระบวนการ FOPS ก่อนที่จะพยายามแก้ไขปัญห

จากที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอสมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F-Find the problem type) เป็นขั้นตอนในการพิจารณาข้อมูลของโจทย์ปัญหาพร้อมทั้งทำความเข้าใจโจทย์ปัญหาโดยเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ได้จากโจทย์ปัญหา และพิจารณาว่าโจทย์ปัญหามีความเหมือนหรือแตกต่างจากโจทย์ปัญหาที่นักเรียนเคยพบเห็นอย่างไร

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O-Organize the information in the problem using the diagram) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะต้องสอนตนเองให้อ่านปัญหาเพื่อระบุข้อมูลที่สำคัญของโจทย์ปัญหาโดยจะนำเสนอผ่านรูปภาพ แผนภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแสดงแทนสิ่งที่โจทย์ปัญหากำหนดให้

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P-Plan to solve the problem) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนจะต้องนำข้อมูลในรูปแบบของแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ไปสู่การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา โดยการวางแผนจะเลือกใช้สูตรหรือสัญลักษณ์ และหลักการทฤษฎี

ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาในข้อนั้น ๆ ที่จะแสดงให้เห็นถึงลำดับขั้นของความคิดที่ผู้เรียน ดำเนินการตามขั้นตอนที่ตนเองได้วางแผนไว้เพื่อนำไปสู่การแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S-Solve the problem) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ โดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานที่ตนเองสร้างขึ้นเป็นเครื่องมือในการแก้โจทย์ปัญหา โดยการคำนวณหาคำตอบของโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

1. ความหมายของโจทย์ปัญหา

ในความหมายของโจทย์ปัญหาได้มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมาย ไว้ดังนี้

Krulik และ Rudnick (1996) ได้กล่าวไว้ว่า ความหมายของปัญหาว่าเป็นสถานการณ์ข้อคำถาม ที่เมื่อเผชิญแล้วไม่สามารถตัดสินใจการแก้ปัญหาทันที ต้องใช้กระบวนการหรือวิธีการอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อที่จะนำมาแก้ปัญหา

ดวงเดือน อ่อนน่วม (2533) ได้ให้ความหมายว่า โจทย์ปัญหาเป็นสภาพของปัญหาซึ่งประกอบด้วยจำนวน ตัวเลขและข้อความที่ก่อให้เกิดปัญหา นักเรียนจะต้องตัดสินใจเองว่า จะใช้วิธีอะไรมาแก้ปัญหา พร้อมทั้งเสนอแนะว่าครูควรจัดโจทย์ปัญหาเหล่านี้ไว้หลายระดับความรู้ความสามารถและประสบการณ์ของเด็กแต่ละคน เพื่อไม่ให้เกิดความคับข้องใจหรือขาดแรงจูงใจในการคิดแก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น

ณัฐพร ศรีบุรณ์ (2543) ได้กล่าวไว้ว่า โจทย์ปัญหาหมายถึงคำถามที่ประกอบด้วยภาษาหรือตัวเลข ซึ่งผู้แก้ปัญหาจะต้องใช้ความรู้และประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน มาทำการตัดสินใจประกอบกันในการตอบคำถามด้วยตนเอง

อนันต์ โพธิกุล (2543) ให้ความหมายของโจทย์ปัญหาไว้ว่า เป็นสถานการณ์ที่ต้องการหาข้อสรุปหรือคำตอบ โดยสถานการณ์นั้นจะใช้ภาษาแสดงถึงเงื่อนไข ความสัมพันธ์ของจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละประโยค ซึ่งนักเรียนจะต้องคิดและตัดสินใจจะใช้วิธีการอะไรมาแก้ปัญหา

เดือนใจ ตรีเนตร (2544) กล่าวว่า โจทย์ปัญหาเป็นโจทย์ภาษา โจทย์เรื่องราวที่บรรยายสภาพด้วยถ้อยคำ ข้อความ โดยต้องการคำตอบเชิงปริมาณหรือตัวเลข หรือกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งผู้แก้ปัญหาต้องค้นหาวางแผนว่าจะใช้วิธีใดที่มีกระบวนการอย่างเหมาะสม โดยใช้ความรู้ประสบการณ์การวางแผน และตัดสินใจ ประกอบการพิจารณาแก้ปัญหาเหล่านั้น ๆ

หน่วยศึกษานิเทศก์ (2545) ได้กล่าวไว้ว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง โจทย์ที่มีข้อความ เป็นภาษาหนังสือ หรือโจทย์ที่เป็นเรื่องราว หรือโจทย์ที่เป็นคำพูดที่ไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ทันที ทันใด ต้องคิดหาวิธีการเพื่อให้ได้คำตอบเชิงปริมาณ หรือตัวเลข เพื่อใช้ความรู้ประสบการณ์ การวางแผน

การตัดสินใจลงมือแก้ปัญหาเอง โดยจะต้องแปลความหมาย วิเคราะห์ความหมายของโจทย์ปัญหา ก่อนที่จะดำเนินการหาคำตอบ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) กล่าวว่าปัญหา หมายถึง สถานการณ์เหตุการณ์ หรือสิ่งที่พบแล้วไม่สามารถจะใช้วิธีการใดวิธีการหนึ่งแก้ปัญหาได้ทันที หรือ เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้นแล้วไม่สามารถมองเห็นแนวทางแก้ไขได้ทันที

นภดล แก้วเรือง (2550) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบด้วย ข้อความและตัวเลขพบได้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งผู้แก้จะต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ การวางแผน และการตัดสินใจโดยใช้กระบวนการที่เหมาะสม

โสภณภักดิ์ สุวรรณ (2554) ได้กล่าวว่า โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์ที่ประกอบไปด้วย ภาษาและตัวเลขที่ก่อให้เกิดปัญหา ซึ่งผู้ที่คิดจะแก้ปัญหาจะต้องใช้ทักษะการตีความโจทย์มาเป็น สัญลักษณ์ก่อน และจะต้องคิดและตัดสินใจว่าจะใช้วิธีการอะไรทางคณิตศาสตร์มาดำเนินการ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ

จากที่กล่าวมาพอสรุปได้ว่าโจทย์ปัญหา คือ ปัญหา หรือ สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ ภาษาและปริมาณซึ่งไม่สามารถหาผลลัพธ์ได้ทันที การที่จะหาคำตอบได้นั้นต้องใช้ความรู้ ความเข้าใจ ประสบการณ์ การวางแผน และทักษะต่าง ๆ ที่มีอยู่เป็นเครื่องมือในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์นั้น อย่างเป็นกระบวนการ

2. ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

Dewey (1976) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการรับรู้และเข้าใจปัญหา สถานการณ์ปัญหา โจทย์ปัญหา สามารถระบุและแจกแจงปัญหาที่เกิดขึ้นแล้วหาวิธีการแก้ปัญหาให้ตรงกับสาเหตุของปัญหา

Polya (2004) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการสำรวจและค้นพบปัญหาของโจทย์ด้วยวิธีต่าง ๆ จนมองเห็นองค์ประกอบที่จำเป็นในการแก้ โจทย์ปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลที่ต้องการหาและข้อมูลอะไรที่เป็นประโยชน์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของ โจทย์ปัญหาและตรวจสอบการคำนวณผลการคำนวณถูกต้องหรือไม่

พิจิตร ยังกำ (2557) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ขั้นตอนในการเตรียมการวางแผน วิเคราะห์ข้อมูลที่โจทย์ให้มา เลือกใช้สูตร ดำเนินการเพื่อให้ได้คำตอบ

จากความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา สรุปได้ว่า ความหมายในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจความหมายของโจทย์ปัญหา สามารถวิเคราะห์ และวางแผนคิดหา วิธีหรือหาแนวทางเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือโจทย์ปัญหานั้น ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบ พร้อมทั้งสามารถตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบได้ ซึ่งในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ผู้วิจัยจึงได้ให้คำนิยามของความสามารถในการแก้

โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจข้อมูลในโจทย์ปัญหา โดยการวิเคราะห์ ข้อมูลที่โจทย์ให้มา หรือต้องการให้หาได้ แล้วทำการแปลงข้อมูลในโจทย์ให้เป็นสัญลักษณ์ทางเคมีของ ปริมาณทางเคมีที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยมีการวางแผนขั้นตอนในการคำนวณแก้โจทย์ปัญหา อย่างเป็นระบบ และสามารถเขียนสมการที่ใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง จากนั้นดำเนินการ คำนวณตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ เพื่อหาคำตอบของโจทย์ปัญหานั้น ๆ รวมทั้งตรวจสอบคำตอบที่ได้ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยมีขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนของ กลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS) ตามทฤษฎีของ Jitendra et al. (2010) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F – Find the problem type) ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูล ของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O – Organize the information in the problem using the diagram) ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P – Plan to solve the problem) และขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S – Solve the problem)

3. อุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหา

ศรีทอง มีทาทอง (2534) ได้กล่าวถึงอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

1. นักเรียนไม่สามารถเข้าใจโจทย์ได้ทั้งหมด หรือบางส่วน เนื่องจากขาด ประสบการณ์และขาดความคิดรวบยอดเหตุการณ์ในโจทย์ปัญหา
2. นักเรียนมีความบกพร่องในการอ่าน และไม่สามารถจะอ่านเพื่อหารายละเอียด
3. นักเรียนไม่สามารถคิดคำนวณได้
4. นักเรียนขาดความเข้าใจกระบวนการ และวิธีทำ เป็นผลให้นักเรียนหาคำตอบ
5. นักเรียนขาดความรู้ในเรื่องความสำคัญ กฎเกณฑ์ สูตร
6. นักเรียนขาดความเป็นระเบียบเรียบร้อยในการเขียนคำอธิบาย
7. นักเรียนไม่ทราบความสัมพันธ์เชิงปริมาณวิเคราะห์
8. นักเรียนขาดความสนใจ เนื่องจากขาดความสามารถในการทำโจทย์ปัญหาซึ่งมี ความยาก หรือโจทย์ปัญหาไม่จูงใจ
9. ระดับสติปัญญาของนักเรียนต่ำเกินไปที่จะเข้ามาถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏ
10. นักเรียนขาดการฝึกฝนในการทำโจทย์ปัญหา

สมศักดิ์ โสภณพินิจ (2537) ได้เสนอว่าการที่จะช่วยให้นักเรียนแก้ปัญหาค้นนั้นนักเรียน จะต้อง

1. ได้ฝึกแก้ปัญหาค้นด้วยโจทย์ปัญหาจำนวนมากพอ และกระทำบ่อย ๆ ครั้ง
2. ได้แก้ปัญหาค้นในเรื่องที่ทำหาย น่าสนใจ และนำไปใช้ได้จริงในความเป็นอยู่ ประจำวันทั่ว ๆ ไป
3. ได้เรียนรู้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหาค้น

สรุปได้ว่า การที่นักเรียนจะประสบผลสำเร็จในการแก้โจทย์ปัญหานั้น นักเรียนต้องฝึกแก้โจทย์ปัญหาบ่อย ๆ และสามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน รู้จักใช้ยุทธวิธีในการแก้ปัญหานั้นที่เหมาะสม

4. องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา

ในการแก้โจทย์ปัญหาสิ่งที่เป็นปัญหาสำคัญในการแก้โจทย์ปัญหาสำหรับนักเรียน คือ นักเรียนไม่รู้ว่าควรจะเริ่มต้นปัญหานั้นอย่างไรไม่เข้าใจปัญหานั้นซึ่งมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหาหลายท่านดังต่อไปนี้

สุร กาญจนมยุร (2533) ได้กล่าวถึง องค์ประกอบที่ช่วยในการแก้โจทย์ปัญหา มีดังนี้

1. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับภาษา ได้แก่

1.1 ทักษะการอ่าน หมายถึง การอ่านต้องคล่อง ชัดเจน รู้จักแบ่งวรรคตอน ได้ถูกต้องไม่ว่าจะอ่านในใจ หรืออ่านออกเสียง

1.2 ทักษะการจับใจความ หมายถึง เมื่ออ่านข้อความของโจทย์ปัญหา แล้วสามารถแบ่งข้อความของโจทย์ได้ว่าตอนใดเป็นข้อความของโจทย์ที่กำหนดให้ และข้อความตอนใดเป็นสิ่งที่โจทย์ถาม หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ

1.3 รู้จักใช้ความหมายของคำถูกต้องตามเจตนารมณ์ของโจทย์ปัญหา ครูผู้สอนจำเป็นต้องอธิบายความหมายของคำต่าง ๆ ให้นักเรียนทราบอย่างชัดเจน และทบทวนความหมายของคำที่เรียนเสมอ

2. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับความเข้าใจ ได้แก่

2.1 ทักษะการจับใจความ กล่าวคือ อ่านโจทย์หลาย ๆ ครั้ง แล้วสามารถจับใจความได้ว่าเป็นเรื่องอะไร โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง โจทย์ต้องการทราบอะไร

2.2 ทักษะการตีความ กล่าวคือ อ่านโจทย์ปัญหาสามารถตีความหรือแปลความได้

2.3 ทักษะการแปลความ กล่าวคือ จากประโยคที่แปลความมาจากโจทย์ปัญหานั้นสามารถสร้างโจทย์ปัญหาในลักษณะเดียวกันได้อีก

3. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับทักษะการคิดคำนวณ ได้แก่

3.1 ทักษะการบวกจำนวน

3.2 ทักษะการลบจำนวน

3.3 ทักษะการคูณจำนวน

3.4 ทักษะการหารจำนวน

3.5 ทักษะการยกกำลัง

3.6 ทักษะการแก้สมการ

4. องค์ประกอบที่เกี่ยวกับการย่อความ และสรุปความได้ครบถ้วนชัดเจน กล่าวคือ
ขั้นแสดงวิธีทำได้แก่

4.1 ทักษะในการย่อความ เพื่อเขียนข้อความจากโจทย์ปัญหาในลักษณะย่อ
ความได้รัดกุม ชัดเจน ครบถ้วนตามประเด็นสำคัญ

4.2 ทักษะในการสรุปความ หมายถึง สามารถสรุปความจากสิ่งที่กำหนดให้มา
เป็นความรู้ใหม่ได้ถูกต้อง และสามารถเขียนแสดงวิธีทำได้อย่างชัดเจนรัดกุม และสื่อความหมายแก่
ผู้ตรวจสอบการแสดงวิธีทำนั้น

5. องค์ประกอบในการฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา ผู้สอนจะต้องเริ่มฝึกทักษะการ
แก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนทุกคนจากง่ายไปหายากกล่าว ได้แก่

5.1 ฝึกทักษะตามตัวอย่าง

5.2 ฝึกทักษะจากการแปล

5.3 ฝึกทักษะจากหนังสือเรียน

ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2543) กล่าวว่า การแก้ปัญหา
ประกอบด้วย

1. การมองภาพ ซึ่งหมายความว่า ผู้ที่จะแก้ไขจะต้องมองทะลุและกว้างไกลมองเห็น
แนวทางที่จะคิดแก้ปัญหา

2. การจินตนาการ ในการคิดแก้ปัญหานั้นจะต้องรู้จักจินตนาการว่าควรจะเป็น
อย่างไรเพื่อเป็นแนวทางในการคิดแก้ปัญหา

3. การจัดทำอย่างมีทักษะ เมื่อมองเห็นแนวทางแล้วก็ลงมือทำอย่างมีระบบเป็น
ขั้นตอนด้วยความชำนาญ

4. การวิเคราะห์ จะต้องรู้จักวิเคราะห์ตามขั้นตอนที่กระทำนั้น

5. การสรุป เมื่อลงมือกระทำจนมองเห็นรูปแบบแล้วก็สามารถสรุปได้ การโยง
ความคิด การสัมพันธ์ความคิดเป็นเรื่องจำเป็นอย่างยิ่งในการแก้ปัญหาเมื่อโจทย์พูดถึงเรื่องอะไรก็
สามารถที่จะสัมพันธ์ถึงเรื่องต่อไปและมองเห็นแนวทางได้

กรมวิชาการ (2544) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ช่วยในการแก้ปัญหา มีดังนี้

1. ประสบการณ์ เช่น สิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว พื้นฐานความรู้ วิธีการแก้ปัญหาที่
คุ้นเคย ลักษณะของโจทย์ปัญหาที่คุ้นเคย

2. จิตพิสัย เช่น ความสนใจ ความตั้งใจ ความอดทน ความกระตือรือร้น ความกลัว
แต่นักเรียนก็รู้สึกว่าเป็นต้องทำ ความพยายาม

3. สติปัญญา เช่น ความสามารถทางการอ่าน ความสามารถในการให้เหตุผล
ความจำ ความสามารถในการคิดคำนวณ ความสามารถในการวิเคราะห์ เป็นต้น

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) ได้กล่าวถึง การแก้ปัญหาว่าเป็น กระบวนการทำ งานที่สลับซับซ้อนของสมองที่ต้องอาศัยสติปัญญา ทักษะ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิด การรับรู้ ความชำนาญ รูปแบบ พฤติกรรมต่าง ๆ ประสบการณ์เดิมทั้งจากทางตรงและทางอ้อม มโนทัศน์ กฎเกณฑ์ ข้อสรุป การพิจารณา การสังเกต และการใช้กลยุทธ์ทาง สติปัญญาที่จะวิเคราะห์ สังเคราะห์ ความรู้ความ เข้าใจต่าง ๆ อย่างมีวิจารณญาณ มีเหตุผลและ จินตนาการเพื่อหาแนวทางปฏิบัติให้ปัญหานั้น หหมดสิ้นไป

จากที่กล่าวมาในข้างต้นสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบที่ช่วยให้นักเรียนมีความสามารถ ในการแก้โจทย์ปัญหานั้นมีหลากหลายวิธี ได้แก่ ความสามารถในการอ่าน การตีความ ทำความเข้าใจ ในปัญหา วิเคราะห์ข้อมูลเป็นระบบ แล้วเลือกวิธีการคำนวณที่ถูกต้อง ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้ ครู จะต้องฝึกฝนให้นักเรียน เกิดความรู้ ความเข้าใจจนเป็นทักษะ สามารถใช้ได้อย่างคล่องแคล่ว และ ฝึกฝนให้นักเรียนรู้จักขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างมีระบบอย่างมีเป้าหมาย ที่แน่นอนเริ่มจากการทำ ความเข้าใจปัญหาว่าปัญหานั้น คืออะไรจะวางแผนแก้ปัญหาอย่างไร และปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ สามารถทำให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็วและต้องรู้จักตรวจสอบความ ถูกต้องของคำตอบนอกจากนี้การนำยุทธวิธีต่าง ๆ มาช่วยในการแก้ปัญหานั้นจะทำให้ นักเรียน สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5. ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา

Dewey (1976) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มีองค์ประกอบและ ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นเตรียมการ (Preparation) หมายถึง การรับรู้และเข้าใจปัญหาเมื่อมีปัญหา เกิดขึ้น ผู้ประสบปัญหาจะต้องรับรู้และเข้าใจตัวปัญหาก่อนว่าปัญหาที่แท้จริงนั้นคืออะไร
2. ขั้นวิเคราะห์ปัญหา (Analysis) เป็นการพิจารณาว่าสิ่งใดบ้างเป็นสาเหตุของ ปัญหา กล่าวคือ มีการระบุและแจกแจงปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งจะมีลักษณะแตกต่างกัน ระดับความยาก ง่ายที่จะแก้ไขต่างกัน
3. ขั้นเสนอแนวทางการแก้ปัญหา (Production) หมายถึง การหาวิธีการให้ตรงกับ สาเหตุของปัญหา แล้วออกมาในรูปแบบของวิธีการรวบรวมข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหา เพื่อการ ตั้งสมมติฐาน
4. ขั้นตรวจสอบผล (Verification) หมายถึง การเสนอเกณฑ์เพื่อการตรวจสอบ ผลลัพธ์ที่ได้จากการเสนอวิธีแก้ปัญหา ถ้าผลที่ได้รับไม่ถูกต้องก็เสนอวิธีแก้ปัญหาใหม่จนกว่าจะได้วิธีที่ ดีที่สุดหรือถูกต้องที่สุด
5. ขั้นนำไปประยุกต์ใหม่ (Reapplication) หมายถึง การนำวิธีแก้ปัญหาที่ ถูกต้องไปใช้ในโอกาสข้างหน้า เมื่อพบกับเหตุการณ์คล้ายกับปัญหาที่เคยพบมาแล้ว

Larkin and Brackett (1976) ได้เสนอกลยุทธ์ในการแก้ปัญหาไว้ 3 ขั้นตอน ประกอบด้วย

ขั้นตอนที่ 1 อธิบายปัญหา เป็นขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาและหาสิ่งที่ปัญหาจริง ๆ ที่โจทย์ต้องการคำตอบ ซึ่งคำตอบอาจทำให้เราเกิดความสับสนได้ ดังนั้น เราต้องพยายามแปลความหมายโจทย์ออกมาให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์

ขั้นตอนที่ 2 การวางแผน เป็นขั้นที่เลือกหลักการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โจทย์ปัญหา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 การตรวจสอบ เป็นขั้นการตรวจสอบคำตอบที่ได้ว่ามีความถูกต้องเหมาะสมกับสถานการณ์โจทย์

Jitendra et al. (2010) ได้อธิบายไว้ว่ากลวิธีเอฟโอพีเอสเป็นกลวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของปัญหา (F-Find the Problem Type) ในขั้นตอนนี้ มุ่งเน้นให้นักเรียนอ่านและตีความปัญหาให้เป็นภาษาของนักเรียนเอง ซึ่งจะทำให้ทราบว่ามันคืออะไรและไม่รู้อะไรในปัญหา โดยนักเรียนจะต้องอ่านปัญหา อ่านปัญหาซ้ำเพื่อทำความเข้าใจข้อมูลในปัญหาให้ชัดเจน และระบุประเภทของปัญหา นอกจากนั้นครูจะต้องมีการขยายความและอธิบายเกี่ยวกับสภาพของปัญหา เพิ่มเติม เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจปัญหาและระบุประเภทของปัญหาได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของปัญหาลงในแผนภาพ (O-Organize the Information in the Problem Using the Diagram) ในขั้นตอนนี้เพื่อให้ง่ายต่อการสร้างตัวแทนของปัญหานักเรียนจะต้องมี ความพร้อมที่จะใช้แผนภาพโครงสร้างความรู้ (Schematic Diagrams) ในการออกแบบหรือสร้างตัวแทน ของข้อมูลจากประโยคข้อความในปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องอ่านปัญหาเพื่อค้นหาข้อมูลหรือจำนวนที่มีความสัมพันธ์กัน โดยเขียนข้อมูลเหล่านั้นลงในแผนภาพและเขียนเครื่องหมายคำถามแทนจำนวนที่ไม่ทราบค่า จากนั้นนักเรียนต้องสรุปข้อมูลของปัญหาจากแผนภาพที่สมบูรณ์และทบทวนความสัมพันธ์ของ ข้อมูลในปัญหาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของตัวแทนปัญหาอีกครั้ง นอกจากนั้นในขั้นตอนนี้ยังมีการขีด เส้นใต้ข้อมูลที่สำคัญและพิจารณาการเขียนจำนวนลงในแผนภาพตามวัตถุประสงค์และเรื่องราวของ ปัญหา โดยมุ่งเน้นไปที่ข้อมูลสำคัญที่มีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหา ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสนใจและจดจำปัญหาได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้ปัญหา (P Plan to Solve the Problem) ในขั้นตอนนี้เน้นแผนการที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา โดยเริ่มต้นจากการเลือกวิธีการดำเนินการที่เหมาะสมจากพื้นฐานของ ข้อมูลในปัญหาแต่ละประเภท จากนั้นถ่ายโยงข้อมูลในแผนภาพไปสู่สมการ

ขั้นที่ 4 การแก้ปัญหา (S-Solve the Problem) ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะต้องแก้ปัญหา ด้วยวิธีการที่ได้ระบุไว้ในขั้นตอนที่ 3 โดยเขียนคำตอบและหน่วยของคำตอบให้สมบูรณ์และมีการตรวจสอบการให้เหตุผลเพื่อสนับสนุนคำตอบ ความถูกต้องของตัวแทนปัญหาและขั้นตอนในการคำนวณอีกด้วย

Schwab, Tucci, and Jolivette (2013) กล่าวว่ากลวิธีเอฟโอพีเอสในการแก้โจทย์ปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ค้นหาประเภทของปัญหา เป็นขั้นตอนการรับรู้รูปแบบของปัญหา รูปแบบของความรู้ หรือเรียกว่าเป็นการระบุโครงสร้างปัญหา
- 2) จัดระเบียบข้อมูลในปัญหาโดยใช้โครงสร้างไดอะแกรม เป็นขั้นตอนการใช้โครงสร้างไดอะแกรมต่าง ๆ เพื่อแสดงแทนความรู้หรือปัญหานั้น ๆ อย่างละเอียด
- 3) แผนการเพื่อแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการใช้ความรู้เชิงกลยุทธ์ในการวางแผนเพื่อแก้ปัญหา
- 4) การแก้ปัญหา เป็นขั้นตอนการใช้ความรู้ร่วมกับกลยุทธ์ที่วางแผนไว้ใน การดำเนินการแก้ปัญหา

สมศักดิ์ โสภณพินิจ (2537) กล่าวว่ากระบวนการแก้ปัญหานั้นมี 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่จำเป็นต้องเข้าใจว่าในปัญหา มีสิ่งใดที่ยังไม่รู้ อะไรคือข้อมูล อะไรคือเงื่อนไข เงื่อนไขนั้นเพียงพอหรือไม่ เพียงพอต่อการตัดสินใจมากไปหรือเปล่าหรือก่อให้เกิดความขัดแย้งหรือไม่
2. ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา เป็นการหาความเกี่ยวข้องของข้อมูลกับสิ่งที่ยังไม่เคยทราบ เราอาจจะจำเป็นต้องทำการแก้ปัญหาในลักษณะนี้มาก่อนหรือไม่ ถ้าไม่เคยพบมาก่อนเลย เราต้องทำการใช้ความคิดวางแผนแก้ปัญหาให้ได้ โดยหาความสัมพันธ์จากเงื่อนไขและข้อมูลที่มีอยู่
3. ขั้นดำเนินการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ เป็นการหาผลลัพธ์ตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ ทำการตรวจสอบทีละขั้นตอน ในระหว่างการปฏิบัติจะทำให้เราสามารถทราบว่าขั้นต่อนั้นถูกต้องหรือไม่
4. ขั้นการตรวจสอบผลลัพธ์ เราสามารถตรวจสอบได้จากข้อโต้แย้ง ความแตกต่างของ ผลลัพธ์กับความสัมพันธ์ของโจทย์ หรืออาจตรวจสอบจากการนำผลลัพธ์ที่ได้ หรือวิธีการคิดไปใช้กับปัญหาอื่น ๆ

จิตอารีย์ ปัญญาแจ่งสกุล (2544) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ดังนี้

1. ขั้นการทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่จำเป็นต้องทำความเข้าใจปัญหาซึ่งจะต้องพิจารณาว่าอะไรเป็นตัวที่ทราบค่า มีข้อความหรือเงื่อนไขอะไรบ้าง สิ่งทีโจทย์บอกนั้นเพียงพอในการแก้ปัญหาหรือไม่

2. ขั้นการวางแผนแก้ปัญหา เป็นการหาความเกี่ยวข้องของข้อมูลที่โจทย์บอกกับตัวแปรที่ไม่ทราบค่า พิจารณาปัญหาย่อยทั้งหลายเทียบเคียงโจทย์ปัญหาใหม่กับโจทย์ปัญหาเก่า คล้ายคลึงกัน ค้นหาทฤษฎี กฎ สูตร นิยามที่จะนำมาใช้

3. ขั้นดำเนินการตามแผน เมื่อวางแผนแล้วก็ดำเนินการตามแผนทันทีที่จะได้ ตรวจสอบทีละขั้นว่าถูกต้องหรือไม่

4. ขั้นการตรวจสอบ เมื่อทำเสร็จแล้วต้องตรวจสอบอีกครั้งหนึ่งว่าใช้ข้อมูลหมดหรือยัง และได้ผลตามต้องการครบถ้วนหรือไม่

พิจิตร ยังดำ (2557) ได้กล่าวว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

1. วางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (Planning) เป็นการทำความเข้าใจข้อมูลหรือเงื่อนไขในโจทย์ปัญหา พิจารณาหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการให้หา ก่อนทำการแก้โจทย์ปัญหาต่อไป ประกอบด้วยขั้นตอนย่อย ๆ ดังนี้

1.1 พิจารณาโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้หรือสิ่งที่กำหนดให้ในโจทย์ ทำการแปลงคำพูดจากโจทย์เป็นสัญลักษณ์ สูตร บรรจุลงในตารางวิเคราะห์

1.2 พิจารณาโจทย์ว่าต้องการให้หาสิ่งใด แปลงเป็นสัญลักษณ์ สูตร บรรจุลงในตารางวิเคราะห์

1.3 วางแผนแก้ปัญหาเริ่มต้นด้วยการหาสูตรที่ใช้หาคำตอบบรรจุลงในตารางวิเคราะห์ เชื่อมโยงเส้นลูกศรจากสัญลักษณ์แต่ละตัวในสูตรไปยังสิ่งที่กำหนดให้ถ้ายังมีตัวสัญลักษณ์ในสูตรที่ไม่มีสิ่งที่กำหนดให้ให้เขียนสูตรในการหาตัวนั้น ๆ ต่อไป จนกว่าจะเชื่อมโยงไปสู่สิ่งที่โจทย์กำหนดจนครบ

2. ลงมือแก้โจทย์ปัญหาตามแผนที่วางไว้

2.1 เขียนสูตรหรือสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตามผังมโนทัศน์ (Concept Map) โดยเริ่มจากสูตรสุดท้าย ย้อนไปที่ละสูตร ตามลำดับ

2.2 แทนค่าตัวแปรที่ทราบค่าพร้อมหน่วยลงในสูตรจนกระทั่งได้คำตอบ

2.3 คำนวณหาค่าตัวแปรที่ต้องการตามลำดับตามข้อ 2.1 จนได้คำตอบ

3. การตรวจสอบผลที่ได้โดยพิจารณาคำตอบจากขั้นตอนที่ 2 ว่ามีความเป็นไปได้หรือไม่ โดยพิจารณาจากขนาดและหน่วยของปริมาณที่ได้

จากที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาจะต้องประกอบไปด้วย การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพหรือสัญลักษณ์ การวางแผนแก้โจทย์ปัญหา และดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา รวมทั้งมีการตรวจสอบคำตอบที่ได้

6. การสอนแก้โจทย์ปัญหา

วิไลวรรณ เอื้อสุวรรณ (2531) ได้จัดลำดับ ขั้นตอนของการสอนแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา (Phoya) ไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 เป็นการทำความเข้าใจปัญหา ซึ่งสิ่งแรกที่จะต้องทำ คือ ทำความเข้าใจสัญลักษณ์ ต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องสรุปปัญหาออกมาเป็นภาษาของตนเองที่สามารถบอกได้ว่าประเด็นของปัญหาอยู่ที่ไหน โจทย์ถามหาอะไร ข้อมูลที่โจทย์ให้มามีอะไรบ้าง ซึ่งเป็นการวิเคราะห์โจทย์ปัญหานั้นเอง

ขั้นที่ 2 เป็นขั้นวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนต้องมองเห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ในโจทย์ปัญหาอย่างชัดเจนเสียก่อน เพื่อจัดลำดับขั้นตอนในการแก้โจทย์ ปัญหา และวางแผนว่าจะใช้วิธีใด ๆ ในการแก้โจทย์

ขั้นที่ 3 เป็นขั้นลงมือทำตามแผน เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องลงมือทำการคิดคำนวณตามแผนการที่ได้วางเอาไว้เพื่อหาคำตอบของปัญหา สิ่งที่นักเรียนต้องใช้ในขั้นตอนนี้ คือ ทักษะการคิด คำนวณ การรู้จักเลือกวิธีคำนวณที่เหมาะสมมาใช้

ขั้นที่ 4 เป็นขั้นตรวจวิธีการและคำตอบ เป็นการตรวจสอบเพื่อความแน่ใจว่าถูกต้องหรือไม่ โดยการพิจารณาและตรวจดูผล ตลอดจนกระบวนการในการแก้โจทย์ปัญหาเข้าด้วยกัน เพื่อทำความเข้าใจและปรับปรุงคำตอบให้ดีขึ้น

น้อมศรี เคท (2537) ได้กล่าวถึงการสอนแก้โจทย์ปัญหาจะให้ผลดีครูควรคำนึงถึงหลัก 8 ประการ คือ

1. การวิเคราะห์ปัญหา ครูควรสอนให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้ว่าโจทย์แต่ละข้อนั้นกำหนดสิ่งใดให้บ้าง และโจทย์ต้องการทราบอะไร สิ่งที่โจทย์กำหนดให้นั้นมีความสัมพันธ์กันอย่างไร

2. การเขียนประโยคสัญลักษณ์ เมื่อนักเรียนสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้แล้วขั้นต่อไปนักเรียนควรมีความสามารถในการเขียนประโยคสัญลักษณ์

3. ใช้สื่อการสอน สื่อการสอนเป็นสิ่งจำเป็นที่ครูจะต้องใช้ประกอบการสอน

4. ความสามารถในการอ่าน สาเหตุหนึ่งที่นักเรียนไม่สามารถทำโจทย์ได้คือ

นักเรียนขาดทักษะในการอ่าน เนื่องจากโจทย์ปัญหาประกอบด้วยข้อความและตัวเลข ดังนั้นนักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะในการอ่าน สามารถเข้าใจความหมายของศัพท์ต่าง ๆ และสามารถตีความว่าโจทย์กำหนดสิ่งใด ให้ และต้องการทราบอะไร

5. ทักษะการคำนวณ ในการแก้ปัญหา นอกจากนักเรียนจะมีความสามารถในการอ่านโจทย์ เข้าใจสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบแล้ว นักเรียนจำเป็นต้องมีทักษะในการคำนวณอีกด้วย การมีทักษะในการคำนวณ คือการที่นักเรียนสามารถบวก ลบ คูณ หาร แก่สมการได้อย่างถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็ว

6. การประมาณคำตอบ ครูสอนให้นักเรียนรู้จักประมาณคำตอบในเรื่องโจทย์ปัญหา

7. การแก้ปัญหาหลายวิธี ในการแก้ปัญหาแต่ละปัญหาคนบางคนอาจใช้วิธีแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ กันได้ ถึงแม้ว่าปัญหานั้นเหมือนกัน และวิธีการต่าง ๆ นั้นนำไปสู่คำตอบเดียวกันการแก้โจทย์ปัญหาก็เช่นเดียวกัน นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาข้อเดียวกัน แต่อาจจะใช้คนละขั้นตอนต่าง ๆ กัน แต่ทั้งสองคนสารพัดคิดหาคำตอบเดียวกัน

8. การเลือกโจทย์ปัญหา ในการเลือกโจทย์ปัญหาเพื่อนำไปสอนนักเรียนครูควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

8.1 สอดคล้องกับเรื่องที่กำลังเรียน

8.2 สถานการณ์ในโจทย์ปัญหาควรเป็นเรื่องที่สามารถใช้สื่อเป็น ของจริงหรือของจำลองประกอบการสอนได้

8.3 เนื้อเรื่องในโจทย์ควรเป็นเรื่องที่นักเรียนสนใจ และเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน

8.4 ภาษาที่ใช้ควรเหมาะสมกับวัยของนักเรียน และไม่ควรรใช้ถ้อยคำพุ่มเพื่อยกระทรวงศึกษาธิการ (2546) ได้กล่าวถึง สิ่งที่ครูควรคำนึงถึงการจัดการเรียนการสอน โจทย์ปัญหาคือ

1. นักเรียนจะต้องฝึกทักษะในการคิดคำนวณ และการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง ครูอาจชี้แนะแนวทางให้นักเรียนได้เกิดความคิดต่อไปด้วยตนเอง มิใช่ได้จากการบอกเล่าของครูหรือคัดลอกแบบฝึกหัดของผู้อื่น

2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้รับความสำเร็จในการแก้ปัญหา

3. โจทย์ปัญหาควรมีลักษณะแตกต่างกัน และสอดคล้องกับชีวิตประจำวันเพื่อช่วยให้นักเรียนได้มีทักษะในการคิด และนำไปใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน

4. โจทย์ปัญหาแต่ละข้ออาจมีวิธีแก้ปัญหาได้หลายวิธีจาก

แนวคิดดังกล่าว สรุปได้ว่า ในการสอนการแก้โจทย์ปัญหานั้น ครูจะต้องมีบทบาทสำคัญในการฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพ ใช้วิธีการในการแก้ปัญหาโจทย์ได้หลาย ๆ วิธี และรู้จักตรวจสอบคำตอบที่ได้

เพิ่มวุฒ บุปผามาตะนัง (2550) ได้สรุปแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา
2. ขั้นหาแนวทางแก้ไข
3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา
4. ขั้นการตรวจสอบคำตอบ

และเสนอแนวทางในการเสริมสร้างความสามารถในการแก้ไขโจทย์ปัญหา ดังนี้

1. เลือกโจทย์ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่นักเรียนมีความคุ้นเคยดีอยู่แล้ว
2. เลือกโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่นักเรียนประสบอยู่ในขณะนั้น
3. เลือกโจทย์ที่ใช้ภาษาง่าย ๆ กะทัดรัด ชัดเจน เหมาะสมกับวุฒิภาวะ เพื่อสร้างพื้นฐาน และความคุ้นเคยกับการแก้โจทย์ปัญหาในเบื้องต้นก่อน
4. สถานการณ์ในโจทย์ปัญหา ควรเป็นเรื่องที่สารคดีใช้สื่อของจริงหรือของจำลอง และสอดคล้องกับเรื่องที่กำลังเรียน
5. สร้างโจทย์เป็นโคลงกลอน ให้เหมาะสมกับสถานการณ์หรือเรื่องใกล้ตัว
6. ให้โอกาสเด็กในการตั้งโจทย์ และคิดหาคำตอบ และเสนอแนวทางในการจัดกิจกรรมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้
 - 6.1 รู้จักสร้างบรรยากาศในการแก้ปัญหา
 - 6.2 สอนบูรณาการไปกับวิชาอื่น
 - 6.3 คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล

สรุปได้ว่า การพัฒนาทักษะในการแก้โจทย์ปัญหานั้นเป็นการจัดกิจกรรมโดยการใช้แบบฝึกเพื่อให้เข้าใจการแก้ไขโจทย์ปัญหา เน้นกระบวนการคิด และการฝึกฝนให้ใช้ความคิดอย่างมีเหตุผล รู้วิธีการคิดและคำนวณ เข้าใจความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโจทย์ปัญหา โดยต้องฝึกทำแบบฝึกหัดบ่อย ๆ เพื่อฝึกฝนให้ผู้เรียนรู้วิธีการคิดและการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้คล่องขึ้นและลักษณะนักเรียนที่จะแก้โจทย์ปัญหาได้นั้น นักเรียนจะต้องวิเคราะห์เป้าหมายว่า สิ่งที่โจทย์ต้องการให้หาคำตอบ สิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการหาคำตอบ แล้วต้องเลือกใช้ขั้นตอนหรือวิธีหาคำตอบ รวมทั้งคาดเดาอุปสรรคและข้อผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและวิธีแก้ไขนักเรียนใช้ข้อมูลในโจทย์สร้างความสัมพันธ์ของปริมาณทางเคมี รวมทั้งใช้ข้อมูลในโจทย์แทนความสัมพันธ์ของปริมาณต่างๆ ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาคำตอบตามที่ได้วางแผนไว้ตามลำดับให้ถูกต้อง โดยพิจารณาต้องใช้ความรู้ส่วนใดมาช่วย มีหลักการอะไรบ้างในการดำเนินการหาคำตอบ และลงมือคิด คำนวณหาคำตอบอย่างรอบคอบ นักเรียนตรวจสอบเป้าหมายของปัญหา โดยบอกเป้าหมายของสิ่งที่โจทย์ต้องการ หาคำตอบ และตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่ได้วางแผนไว้ นักเรียนจะสามารถประเมินความสำเร็จ

ตามเป้าหมาย โดยบอกสิ่งที่โจทย์ต้องการหา ประเมินความถูกต้องโดยพิจารณา ความถูกต้องของผลลัพธ์อย่างละเอียด ประเมินความถูกต้องของวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้แก้ปัญหา

7. การวัดและประเมินผลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

7.1 เครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

Mcgriff et al. (2000) ได้กำหนดเกณฑ์ในการวัดพฤติกรรมของผู้เรียนตามกระบวนการแก้ปัญหาแต่ละขั้นไว้ ดังนี้

1. การระบุเหตุของปัญหา มีเกณฑ์ดังนี้
 - 1.1 จดจำลักษณะของปัญหาได้
 - 1.2 ตัดสินใจได้ว่าข้อมูลใดเกี่ยวข้องกับแก้ปัญหานั้นหรือไม่
 - 1.3 สรุปลงค์ประกอบและเข้าใจถึงปัญหาได้
 - 1.4 จำแนกความแตกต่างของปัญหาในภาพรวมได้
 - 1.5 จำแนกโครงสร้างและสภาพแวดล้อมทางกายภาพของปัญหาได้
 - 1.6 อธิบายลักษณะเฉพาะของปัญหาได้
 - 1.7 กำหนดตัวแปรแทรกซ้อนของปัญหาได้
 - 1.8 ตัดสินใจแก้ปัญหาค่าได้เมื่อมีข้อมูลพื้นฐานเพียงพอ
 - 1.9 ระบุข้อมูลที่ต้องการเพิ่มเติมในการแก้ปัญหาค่าได้
2. การระบุแนวทางแก้ปัญหามีเกณฑ์ดังนี้
 - 2.1 ระบุวิธีแก้ปัญหามากมาย ๆ แบบที่สอดคล้องกับเป้าหมายที่กำหนด
 - 2.2 ออกแบบแก้ปัญหามาจากการจัดการส่วนประกอบ แยกแยะตัวแปรที่เป็นสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา
 - 2.3 ตัดสินใจได้หากมีข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาค่าที่เกิดขึ้น
 - 2.4 ประเมินสถานการณ์ที่เกิดขึ้นต่อไปได้
3. การตั้งสมมติฐาน มีเกณฑ์ดังนี้
 - 3.1 กำหนดและประเมินข้อจำกัดที่เกิดขึ้นได้
 - 3.2 ระบุปัจจัยที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาค่าได้
 - 3.3 ตั้งคำถามเกี่ยวกับนิยามจากข้อมูลของตนเองได้
 - 3.4 ประยุกต์สิ่งที่ตนเองประเมินได้เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาค่าได้
 - 3.5 ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการประเมินข้อจำกัดของสถานการณ์ได้
4. การเลือกแนวทางในการแก้ปัญหามีเกณฑ์ ดังนี้
 - 4.1 มีการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแนวทางที่เลือก
 - 4.2 มีการประเมินสถานการณ์ที่เชื่อถือได้

- 4.3 มีข้อมูลที่จัดเก็บมาที่ในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกัน
- 4.4 มีการประเมินความเป็นไปได้ของสถานการณ์ทั้งทางบวกและทางลบ
5. การทดสอบสมมติฐานและการสรุปการแก้ปัญหา มีเกณฑ์ดังนี้
 - 5.1 มีการระบุเหตุผลของแนวทางที่เลือกมาแต่ละวิธี
 - 5.2 ตัดแนวทางที่มีความเป็นไปได้ให้น้อยที่สุด
 - 5.3 วิเคราะห์เหตุผลรองรับการตัดสินใจเลือกแนวทางที่เลือกไว้
 - 5.4 ระบุรายละเอียดของแนวทางนั้น
 - 5.5 ปฏิบัติตามขั้นตอนที่กำหนด
6. การนำแนวทางไปใช้ มีเกณฑ์ดังนี้
 - 6.1 มีการเปลี่ยนแปลงแนวทางที่สำรองไว้ เมื่อปัญหานั้นไม่ได้รับการแก้ไข
 - 6.2 ตัดสินใจและทบทวนการนำแนวทางแก้ปัญหาไปใช้ในบริบทอื่น ๆ
 - 6.3 รวบรวมปัจจัยที่สนับสนุนการแก้ปัญหา
 - 6.4 ตัดสินใจได้เมื่อนำแนวทางการแก้ปัญหาไปใช้กับการแก้ปัญหาในรูปแบบอื่น ๆ

บุญชม ศรีสะอาด (2535) ได้เสนอการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ว่าสามารถใช้เครื่องมือได้หลายประเภท สามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมตามลักษณะข้อมูลและการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

1. แบบทดสอบหรือชุดคำถาม เป็นการตอบคำถามได้หลายลักษณะ อาจอยู่ในรูปของการเขียนตอบ การพูด หรือการปฏิบัติ ที่สามารถสังเกตได้ว่าเป็นปริมาณได้ ซึ่งแบบทดสอบสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาวินิจฉัยได้ แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามรูปแบบของคำถาม ดังนี้

- 1.1 แบบทดสอบปรนัย เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามและมีตัวเลือกให้เลือกคำตอบสามารถแบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบถูก-ผิด แบบทดสอบจับคู่ และแบบทดสอบแบบเลือกตอบ

- 1.2 แบบทดสอบแบบเขียนตอบ เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามแต่ไม่มีตัวเลือก ผู้ตอบต้องเขียนคำตอบเอง แบ่งเป็นหลายประเภท ได้แก่ แบบทดสอบเติมคำ แบบทดสอบแบบตอบสั้น และแบบทดสอบอัตนัยความเรียง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (2539 ; อ้างถึงใน ลักษณะ ศิริมาลา. 2553) ได้เสนอการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ว่าสามารถใช้เครื่องมือและวิธีการวัดที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาไว้ 4 ประเภทดังนี้

1. การสังเกต การสังเกตการแก้ปัญหาของผู้เรียนมี 2 วิธี ดังนี้
 - 1.1 การสังเกตแบบไม่ตั้งใจ ซึ่งจะเกิดขึ้นในเวลาที่คุณเรียนตอบคำถามโดยพิจารณา

ว่าผู้เรียนมีการใช้กระบวนการแก้ปัญหาอย่างไร ครูผู้สอนต้องบันทึกพฤติกรรมของผู้เรียนไว้เพื่อเป็นข้อมูลในการพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนต่อไป

1.2 การสังเกตแบบตั้งใจ ต้องทำแบบรายการพฤติกรรมและแบบฟอร์มการสังเกตไว้ล่วงหน้า เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวัด

2. การประเมินตนเอง เป็นการให้ผู้เรียนได้ประเมินว่าตนเองมีพฤติกรรมในการแก้ปัญหาอย่างไร เมื่อพบปัญหาใช้วิธีใดแก้ และในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหา ตนเองติดขัดที่ขั้นตอนใด การประเมินตนเองนี้จะสะท้อนให้เห็นการพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาของแต่ละคน

3. แบบสำรวจรายการเป็นเครื่องมือที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ประเมินพฤติกรรมในการแก้ปัญหาของผู้เรียน เป็นแบบสำรวจที่สามารถใช้ในการประเมินการแสดงออกถึงพฤติกรรมของผู้เรียนในกระบวนการแก้ปัญหา หรือการแสดงออกของขั้นตอนการแก้ปัญหาอย่างดี

4. แบบทดสอบข้อเขียน เป็นการสะท้อนให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาของผู้เรียนว่าอย่างไรในการแก้ปัญหาหนึ่ง ๆ โดยผู้เรียนอธิบายในแต่ละขั้นตอนการแก้ปัญหาและครูผู้สอนมีการกำหนดเกณฑ์ให้คะแนนแต่ละขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงตอนสุดท้ายว่าให้คะแนนขั้นตอนละกี่คะแนน

บุญเชิด ภิญโญนันต์พงษ์ (2547) ได้เสนอว่า การวัดและประเมินแบบวัดความสามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการประเมินให้ชัดเจนที่สุด
2. เลือกเครื่องมือวัดให้สอดคล้องและเหมาะสมกับข้อมูลที่จะวัด
3. ใช้เทคนิคการวัดหลากหลายวิธี
4. ศึกษาจุดเด่น จุดด้อยของเครื่องมือวัดแต่ละชนิด เพื่อให้ใช้ได้ถูกวิธี

จากแนวคิดการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่กล่าววมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง การวัดความสามารถของผู้เรียนตามลักษณะต่าง ๆ ของข้อมูล โดยจะต้องเลือกใช้เครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะของข้อมูลและสิ่งที่ต้องการจะวัด ซึ่งในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบทดสอบอัตนัย เพราะแบบทดสอบแบบอัตนัยสามารถประเมินผู้เรียนได้หลากหลายทักษะ และหลากหลายมุมมอง เนื่องจากการเขียนของผู้เรียนนอกจากจะสะท้อนความสามารถในการนำความรู้ไปใช้แล้วยังสะท้อนความรู้ วิธีคิด และมโนทัศน์ของนักเรียน โดยจะมีการกำหนดรูปแบบโจทย์ปัญหาที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

7.2 เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหา

Charles and Lester (1982) ได้เสนอรูปแบบการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ไว้ โดยพิจารณาถึงความสามารถ 3 ประการดังนี้

ดังนี้

1. ความเข้าใจในปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาโจทย์ มีวิธีการให้คะแนน

0 หมายถึง แปลความหมายผิดโดยสิ้นเชิง

1 หมายถึง แปลความหมายผิดบางส่วน

2 หมายถึง แปลความหมายโจทย์ถูกต้อง

2. การแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการวางแผนแก้ปัญหา มีวิธีการให้คะแนนดังนี้

0 หมายถึง ไม่ลงมือทำ หรือทำผิด โดยสิ้นเชิง

1 หมายถึง มีกระบวนการแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วน

2 หมายถึง มีกระบวนการแก้ปัญหาถูกต้อง ไม่พิจารณาการคำนวณ

3. การคำตอบปัญหา เป็นการพิจารณากระบวนการแก้ปัญหาร่วมกับทักษะ การคำนวณ มีวิธีการให้คะแนนดังนี้

0 หมายถึง ตอบผิด และกระบวนการแก้ปัญหาผิด

1 หมายถึง ตอบถูกเพียงบางส่วน (ในกรณีที่มีหลายคำตอบ)

2 หมายถึง การคำนวณถูกต้อง

Reys Suydam and Lindquist (1995) ได้กำหนด RUBRICของความสามารถในการแก้ปัญหาโดยที่แต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้ปัญหา จะให้คะแนนตั้งแต่ 0-2 คะแนน ตามรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความเข้าใจ

0 หมายถึง ไม่เข้าใจในปัญหาเลย

1 หมายถึง เข้าใจปัญหาบางส่วนหรือแปลความหมายบางส่วนคลาดเคลื่อน

2 หมายถึง เข้าใจปัญหาได้ดี ครบถ้วนสมบูรณ์

2. ด้านวางแผนการแก้ปัญหา

0 หมายถึง ไม่พยายาม หรือวางแผนได้ไม่เหมาะสมทั้งหมด

1 หมายถึง วางแผนได้ถูกต้องบางส่วน

2 หมายถึง วางแผนเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาได้ถูกต้อง

3. ด้านคำตอบ

0 หมายถึง ไม่ตอบ หรือตอบผิดในส่วนที่วางแผนไม่เหมาะสม

1 หมายถึง คัดลอกผิดพลาด คำนวณผิดพลาด ตอบบางส่วนสำหรับปัญหา

ที่หลายคำตอบ

2 หมายถึง ตอบได้ถูกต้องและใช้ภาษาได้ถูกต้อง

Polya (1957) กล่าวว่า เป็นการมุ่งฝึกวิธีการแก้ปัญหามากกว่าจะสอนให้รู้คำตอบของปัญหา โดยแนวคิดของโพลยา ประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน

ขั้นตอนที่ 1 ทำความเข้าใจปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 วางแผนแก้ปัญหา

ขั้นตอนที่ 3 ปฏิบัติตามแผน

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบ

โดยจะพิจารณาถึงความสามารถ 4 ประการดังนี้

1. ทำความเข้าใจปัญหา

0 หมายถึง ไม่สามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้หรือไม่เขียนตอบ

1 หมายถึง บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ถูกต้องและครบถ้วนแต่บอกสิ่งที่โจทย์ต้องการหาไม่ถูกต้องหรือไม่บอก

2 หมายถึง บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการหาได้ถูกต้องและครบถ้วนทั้งหมด

2. วางแผนแก้ปัญหา

0 หมายถึง เมื่อระบุสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาคือตามข้อมูลของ โจทย์ไม่ถูกต้องหรือไม่เขียนตอบ

1 หมายถึง เมื่อระบุสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาคือตามข้อมูลของ โจทย์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน

2 หมายถึง เมื่อระบุสมการที่ใช้ในการแก้ปัญหาคือตามข้อมูลของ โจทย์ได้ถูกต้องครบถ้วน

3. ปฏิบัติตามแผน

0 หมายถึง เมื่อไม่แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและไม่ได้คำตอบ

1 หมายถึง เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องแต่คำตอบผิด/ แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาได้บางส่วนและหาคำตอบได้ถูกต้องหรือไม่ถูกต้อง ไม่แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา แต่ได้เฉพาะคำตอบ

2 หมายถึง เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและหาคำตอบได้ ถูกต้องและครบถ้วน

4. ตรวจสอบ

0 หมายถึง ไม่มีการตรวจสอบคำตอบ

1 หมายถึง ตรวจสอบคำตอบไม่ถูกต้อง (ตัวเลขและหน่วย)

สิริพร ทิพย์คง (2545) กล่าวว่า การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาควรมีวิธีการที่มากกว่าการได้คำตอบที่ถูกต้อง และได้เสนอเกณฑ์การประเมินในการแก้ปัญหาดังนี้

1. ความเข้าใจปัญหา

2 คะแนน สำหรับความเข้าใจปัญหาได้ถูกต้อง

1 คะแนน สำหรับการเข้าใจโจทย์บางส่วนไม่ถูกต้อง

0 คะแนน เมื่อมีหลักฐานที่แสดงว่าเข้าใจน้อยมาก หรือไม่เข้าใจเลย

2. การเลือกยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาได้ถูกต้อง และเขียนประโยค

คณิตศาสตร์ถูกต้อง

1 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหา ซึ่งอาจนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง แต่ยังมีบางส่วนผิดโดยอาจเขียนประโยคคณิตศาสตร์ไม่ถูกต้อง

0 คะแนน สำหรับการเลือกวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

3. การใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหา

2 คะแนน สำหรับการนำยุทธวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ได้ถูกต้อง

1 คะแนน สำหรับการนำวิธีการแก้ปัญหบางส่วนไปใช้ได้ถูกต้อง

0 คะแนน สำหรับการใช้ยุทธวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง

4. การตอบ

2 คะแนน สำหรับการตอบคำถามได้ถูกต้อง สมบูรณ์

1 คะแนน สำหรับการตอบที่ไม่สมบูรณ์หรือใช้สัญลักษณ์ผิด

0 คะแนน เมื่อไม่ได้ระบุคำตอบ

เวชฤทธิ์ อังกะภักทขจร (2555) กล่าวว่า เกณฑ์การให้คะแนน เป็นเครื่องมือที่ช่วยประเมินเชิงคุณภาพเกี่ยวกับความรู้และการปฏิบัติงานของผู้เรียน ซึ่งสามารถแยกแยะความสำเร็จในการเรียนหรือคุณภาพการปฏิบัติงานของผู้เรียน โดยต้องมีการกำหนดมาตรฐานวัดและรายการของคุณลักษณะที่บรรยายถึงความสามารถในการแสดงออกของแต่ละระดับ กลุ่มในมาตรวัดไว้อย่างชัดเจน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนอาจใช้วิธีการที่เรียกว่ารูบรีค (Rubric) รูบรีค (Rubric) คือ ข้อความที่แสดงรายละเอียดของเกณฑ์คุณภาพการเรียนรู้ของผู้เรียนจากระดับที่ยอดเยี่ยมไปจนถึงระดับที่ต้องพัฒนา โดยทั่วไปการให้คะแนนแบบรูบรีคมี 2 รูปแบบ ดังนี้

1. การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic score) คือ การให้คะแนนผ่านชิ้นงาน

โดยดูภาพรวมหรือองค์รวมของชิ้นงานนั้น ตัวอย่างการให้คะแนนแบบภาพรวมทักษะการแก้ปัญหาดังตาราง 1

ตารางที่ 1 การให้คะแนนแบบภาพรวมของทักษะการแก้ปัญหา

ทักษะ/ กระบวนการ	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การแก้ปัญหา	4 (ดีมาก)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องทั้งหมดและอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้เข้าใจชัดเจน
	3 (ดี)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องทั้งหมด แต่อธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวได้บางส่วน ยังไม่ชัดเจน
	2 (พอใช้)	- ใช้ยุทธวิธีดำเนินการแก้ปัญหาถูกต้องบางส่วนและพยายามอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าวแต่ไม่ถูกต้อง
	1 (ปรับปรุง)	- มีร่องรอยการดำเนินการการแก้ปัญหาได้บางส่วน แต่ไม่มีการอธิบายถึงเหตุผลในการใช้วิธีดังกล่าว
	0 (ไม่พยายาม)	- ไม่มีร่องรอยการแก้ปัญหา หรือมีร่องรอยการแก้ปัญหา แต่ไม่ถูกต้อง

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) เป็นการวิเคราะห์งานออกเป็นองค์ประกอบย่อยและกำหนดคะแนนสำหรับแต่ละองค์ประกอบรวม ตัวอย่างของการให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา ซึ่งแบ่งเป็นการทำความเข้าใจปัญหา การวางแผนการแก้ปัญหา การดำเนินการแก้ปัญหา และการสรุปและตรวจคำตอบ ดังตาราง 2

ตารางที่ 2 การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบของทักษะการแก้ปัญหา

องค์ประกอบของทักษะ การแก้ปัญหา	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การทำความเข้าใจปัญหา	3 (ดี)	- เข้าใจปัญหาถูกต้องทุกทั้งหมด
	2 (พอใช้)	- เข้าใจปัญหาถูกต้องบางส่วน
	1 (ปรับปรุง)	- ไม่เข้าใจปัญหา
การวางแผนการแก้ปัญหา	3 (ดี)	- วางแผนการแก้ปัญหาได้เหมาะสม ชัดเจน
	2 (พอใช้)	- วางแผนการแก้ปัญหาได้บางส่วน
	1 (ปรับปรุง)	- วางแผนการแก้ปัญหาไม่เหมาะสม

ตารางที่ 2 (ต่อ)

องค์ประกอบของทักษะ การแก้ปัญหา	คะแนน (ความหมาย)	ความสามารถที่ปรากฏให้เห็น
การดำเนินการแก้ปัญหา	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ปรับปรุง)	- ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องทั้งหมด - ดำเนินการแก้ปัญหาได้ถูกต้องบางส่วน - ดำเนินการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
การสรุปและตรวจคำตอบ	3 (ดี) 2 (พอใช้) 1 (ปรับปรุง)	- มีการสรุป และตรวจคำตอบได้ถูกต้อง สมบูรณ์ - มีการสรุปคำตอบ แต่ไม่มีการตรวจคำตอบ - ไม่มีการสรุป และไม่มีการตรวจคำตอบ

จากเกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้ปัญหาก็กล่าวมา สรุปได้ว่า มีเกณฑ์การให้คะแนน 2 แบบ คือ 1) การให้คะแนนเป็นภาพรวม (Holistic score) และ 2) การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score) สำหรับในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic score rubric) โดยนำรูปแบบการให้คะแนนของ Reys, Suydam and Lindquist (1995) สิริพร ทิพย์คง (2544) และ Polya (1957) มาปรับและประยุกต์ใช้ในการให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) ซึ่งมีรายละเอียด ดังตาราง 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นตอนการแก้โจทย์ ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพี เอส (FOPS Strategy)	เกณฑ์การประเมิน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ขั้นที่ 1 การพิจารณา รูปแบบของโจทย์ปัญหา (F – Find the problem type)	นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่ โจทย์ต้องการและสิ่งที่ โจทย์กำหนดได้ครบถ้วน สมบูรณ์	นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่ โจทย์ต้องการและสิ่งที่ โจทย์กำหนดได้เพียง บางส่วน (หรือระบุเพียง อย่างใดอย่างหนึ่ง)	นักเรียนไม่สามารถระบุได้ ว่าโจทย์ต้องการอะไรหรือ โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง หรือไม่เขียนตอบ

ตาราง 3 (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้โจทย์ ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพี เอส (FOPS Strategy)	เกณฑ์การประเมิน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของ โจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (O –Organize the information in the problem using the diagram)	นักเรียนสามารถนำเสนอ ข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดยใช้ แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ใน การแสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้ครบถ้วน สมบูรณ์ (ระบุครบทั้งชื่อ สาร และจำนวนของสารที่ โจทย์ให้มาในแผนภาพ)	นักเรียนสามารถนำเสนอ ข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดยใช้ แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ใน การแสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้เพียงบางส่วน (ระบุชื่อสาร หรือจำนวน ของสารที่โจทย์ให้มาใน แผนภาพอย่างใดอย่าง หนึ่ง)	นักเรียนไม่สามารถ นำเสนอข้อมูลที่มีอยู่ใน โจทย์โดยใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการ แสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้หรือไม่เขียน ตอบ
ขั้นที่ 3 การวางแผนการ แก้โจทย์ปัญหา (P – Plan to solve the problem)	นักเรียนสามารถเปลี่ยน ข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ ไปสู่ การเลือกใช้สูตรสมการ ทางเคมีในการแก้โจทย์ ปัญหาได้ครบถ้วนสมบูรณ์ (เขียนสูตรที่ใช้ได้ครบถ้วน)	นักเรียนสามารถเปลี่ยน ข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ ไปสู่ การเลือกใช้สูตรสมการ ทางเคมีในการแก้โจทย์ ปัญหาได้เพียงบางส่วน	นักเรียนไม่สามารถ เปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ ไปสู่การ เลือกใช้สูตรสมการทาง เคมีในการแก้โจทย์ปัญหา ได้ หรือไม่เขียนตอบ
ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ ปัญหา (S – Solve the problem)	นักเรียนสามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือ กระบวนการในการ คำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และคำตอบถูก	นักเรียนสามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือ กระบวนการในการ คำนวณได้ถูกต้อง แต่ คำตอบผิด / แสดงวิธีการ แก้โจทย์ปัญหา หรือ กระบวนการในการ คำนวณได้แต่ขาดความ ละเอียด คำตอบถูก	นักเรียนไม่สามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการ คำนวณได้ หรือไม่เขียน ตอบ

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นแบบทดสอบแบบอัตนัยและแบบปรนัย ซึ่งแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาในการวิจัยครั้งนี้ได้เลือกใช้แบบทดสอบแบบอัตนัย เพื่อใช้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยวิธีการแก้โจทย์ของกลวิธีเอฟโอพีเอส ซึ่งลักษณะของแบบทดสอบจะเป็นการกำหนดสถานการณ์ที่เป็นโจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เพื่อให้นักเรียนได้ดำเนินการคิดแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอส เพื่อให้สอดคล้องและครอบคลุมกับตัวชี้วัด ในรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เคมีเพิ่มเติม เล่ม 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์

วิจัยเชิงปฏิบัติการ

1. ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research)

สรชัย พิศาลบุตร (2549) กล่าวว่า การทำวิจัยในชั้นเรียนเป็นการหาความรู้เกี่ยวกับ ผู้เรียน ผู้สอน กระบวนการเรียนการสอน และสภาพแวดล้อมของห้องเรียนของครู ซึ่งเป็นผู้สอนอยู่ในห้องเรียนใดห้องเรียนหนึ่งในภาคการศึกษาของปีการศึกษาใด ๆ โดยทำวิจัยไปพร้อม ๆ กับการเรียนการสอนในห้องเรียนนั้นตามปกติ โดยที่นักเรียนนักศึกษาไม่ทราบว่าครูหรืออาจารย์กำลังทำวิจัยอยู่

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552) กล่าวว่า การวิจัยในชั้นเรียน หมายถึง การวิจัยปฏิบัติการที่ครูได้แสวงหาวิธีการหรือนวัตกรรม ทางเลือก ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียน

ประสาธ เนืองเฉลิม (2556) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการดำเนินการวิจัยควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานของครู ซึ่งต้องใช้กระบวนการที่นำเชื่อถือและเป็นระบบในการแสวงหาคำตอบในสถานการณ์หรือบริบทของชั้นเรียน

สมถวิล วิจิตร วรธนา สุภมาศ อังศุโชติ รัชณีกุล ภิญโญ ภาณุวัฒน์ สุนิสา จัยม่วง และศรีชูศักดิ์ ศิริรุ่งพันธ์ (2556) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ว่า เป็นการวิจัยที่มุ่งแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเฉพาะหน้า มุ่งแก้ปัญหาในงานในหน้าที่ของตนหรือของทั้งหน่วยงาน ผลของการวิจัยนี้ใช้ได้ขอบเขตของปัญหานั้น

สมปอง พะมุลิลา (2561) ได้ให้ความหมายการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่า เป็นกระบวนการวิจัยที่มีเป้าหมายที่จะแก้ปัญหา เป็นการทดลองปฏิบัติในสถานการณ์ตามธรรมชาติโดยวิเคราะห์สถานการณ์อย่างลึกซึ้งและเหมาะสม เน้นที่การสร้างความปลอดภัยอย่างเป็นขั้นตอนและบันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องตลอดกระบวนการวิจัย จนเกิดองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากกระบวนการวิจัยนำมาประมวลเป็นแนวคิด หลักการและสร้างเป็นทฤษฎีได้

กล่าวโดยสรุปคือ การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการวิจัยที่มุ่งเน้นแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์เฉพาะเรื่องที่พบในการปฏิบัติงาน โดยการศึกษาค้นคว้ารวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ และตีความหมายสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างมีระบบและยืดหยุ่นเพื่อตอบสนองต่อความต้องการความจำเป็นที่เกิดขึ้นในสถานการณ์นั้น ๆ เพื่อแก้ปัญหาที่ผู้ปฏิบัติงานกำลังเผชิญอยู่ให้บรรลุผลตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการวิจัยในชั้นเรียนเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนให้ดียิ่งขึ้น

2. ขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

Kemmis and M. (1988) ได้ให้ขั้นตอนของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

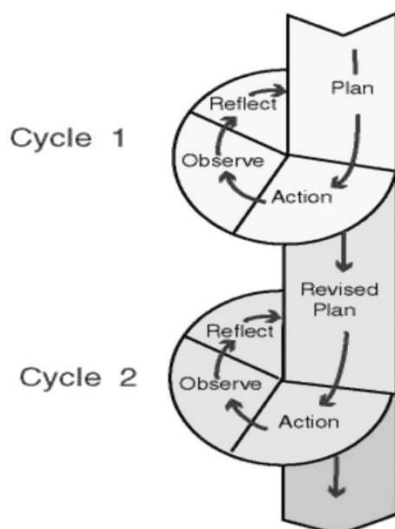
ขั้นที่ 1 ขั้นการวางแผน (Plan) เป็นขั้นตอนสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นจริง

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Act) เป็นขั้นตอนที่นำนวัตกรรมไปใช้เพื่อแก้ไขปัญหา

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observe) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยเข้าไปสังเกตปัญหาที่พบ

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflection) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยวิเคราะห์ผลของการ

แก้ปัญหาจากการใช้นวัตกรรม โดยในการวิจัยแต่ละครั้งจะทำเป็นวงรอบดังภาพที่ 1



รูปที่ 1 วงรอบและขั้นตอนการวิจัยในแต่ละวงรอบ

ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart

ที่มา : Kemmis and McTaggart (Kemmis and M. 1990)

Kemmis and McTaggart (1988) ได้กล่าวถึง กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติการขั้นสังเกตการณ์และขั้นสะท้อนการปฏิบัติ มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning) เริ่มต้นด้วยการสำรวจปัญหาที่สำคัญระหว่างครูและนักเรียน ผู้ปกครองและ/หรือผู้บริหาร เพื่อให้ได้ปัญหาที่สำคัญ ตลอดจนการแยกแยะรายละเอียดของปัญหานั้น เกี่ยวกับลักษณะของปัญหา เป็นปัญหาเกี่ยวกับใคร มีแนวทางแก้ปัญหายังไร เช่น ครูต้องเปลี่ยนวิธีสอน นักเรียนต้องทำงานเป็นกลุ่ม เป็นต้น ในขั้นตอนการวางแผนจะมีการปรึกษาร่วมกันระหว่างผู้เกี่ยวข้องทั้งหมด ซึ่งเป็นการวิเคราะห์สภาพปัญหาในชั้นเรียนอย่างครอบคลุมทุกแง่มุม

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติการ (Action) หลังจากที่ยุติร่วมกันวางแผนเสร็จสิ้นถึงขั้นลงมือปฏิบัติตามแผนการดำเนินงาน โดยใช้การวิเคราะห์ปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นร่วมกันของทีมงานเพื่อทำการแก้ไขปรับปรุง ฉะนั้นแผนที่กำหนดควรมีการยืดหยุ่นปรับแก้ได้โดยผู้วิจัยต้องใช้วิจารณญาณ และการตัดสินใจที่เหมาะสม และมุ่งปฏิบัติเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงตามขั้นตอนที่กำหนดไว้

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ (Observation) เป็นการสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นขณะที่ดำเนินกิจกรรมตามขั้นตอนที่วางไว้โดยการจดบันทึกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมดที่คาดหวังและไม่คาดหวัง โดยสังเกตกระบวนการปฏิบัติ (The Action Process) และผลของการปฏิบัติ (The Effects of Action)

ขั้นที่ 4 ขั้นการสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect) เป็นขั้นสุดท้ายของวงจรการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ คือการประเมินผลหรือตรวจสอบการปฏิบัติงาน หรือสิ่งที่เป็นข้อปฏิบัติของข้อจำกัดที่เป็นอุปสรรคต่อการปฏิบัติการ ผู้ร่วมวิจัยกับผู้เกี่ยวข้องควรนำข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้จากเครื่องมือต่าง ๆ มาตรวจสอบปัญหาที่เกิดขึ้นในแง่มุมต่าง ๆ ที่สัมพันธ์กับสภาพสังคมหรือสิ่งแวดล้อมโดยผ่านการอภิปรายปัญหา การประเมินโดยกลุ่มทำให้ได้แนวทางในการพัฒนาขั้นตอนของการดำเนินกิจกรรม และเป็นข้อมูลพื้นฐานนำไปสู่การปรับปรุง และการวางแผนปฏิบัติต่อไป

พอเพียง ทรัพย์อินทร์ ไพบูลย์ อ่อนมั่ง และสุภาพร สุกสีเหลือง (2551) ได้เสนอลักษณะของวงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (The Action Research Spiral) ไว้ 4 ขั้นตอนคือ

1. การวางแผน (The Plan) เป็นการตั้งความคาดหวัง การมองไปในอนาคต
2. การปฏิบัติ (Action) เป็นการปฏิบัติตามความคาดหวังที่วางไว้ ภายใต้การทำงานที่มาจากแนวคิดตามข้อตกลงของกลุ่มผู้ปฏิบัติงานที่ได้รับการไตร่ตรองอย่างรอบคอบ ผ่านการวิเคราะห์ วิจารณ์มาแล้ว และระหว่างการปฏิบัติงานจะมีการบันทึกรายงาน เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์ วิจารณ์กันอีกในภายหลัง
3. การสังเกต (Observation) เป็นการบันทึกข้อมูลพื้นฐานไว้ใช้ในการสะท้อนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน มีการวางแผนการสังเกตอย่างรอบคอบ และผู้สังเกตจะต้องเป็นผู้ที่มีความไวในการจับสถานการณ์ หรือเหตุการณ์ที่อาจเกิดขึ้นโดยไม่คาดฝัน

4. การสะท้อน (Reflection) เป็นการสะท้อนถึงการปฏิบัติงาน การกระทำตามที่บันทึกไว้จากการสังเกต เก็บข้อมูล โดยใช้การอภิปรายกลุ่มร่วมกัน และถือว่าเป็นการประเมินอย่างหนึ่งและเป็นการให้ข้อเสนอแนะในการวางแผนปฏิบัติครั้งต่อไป

พิชิต ฤทธิจรุญ (2552) ได้ให้ขั้นตอนของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

(1) การวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้

(1.1) ความหมายของปัญหาการเรียนรู้หรือปัญหาวิจัย

ปัญหา หมายถึง ประเด็นข้อสงสัย หรือคำถามที่ครูนักวิจัยต้องการดำเนินการเพื่อหาคำตอบให้ถูกต้อง ตรงกับความเป็นจริงด้วยกระบวนการวิจัย ปัญหาวิจัยจะมีลักษณะเป็นข้อสงสัยของครู นักวิจัยต่อสภาพการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่เป็นความแตกต่างและไม่แตกต่างระหว่างสภาพที่คาดหวังกับสภาพที่เป็นจริง สำหรับตัวอย่างของสภาพที่เป็นอยู่ เช่น นักเรียนไม่ค่อยสนใจเรียน เรียนแบบท่องจำ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนต่ำ และตัวอย่างของสภาพที่ควรจะเป็น ประเทศกำลังก้าวไปสู่สังคมเทคโนโลยีและข่าวสารข้อมูลควรพัฒนานักเรียนให้สนใจวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนคิด และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรอยู่ในระดับที่ได้มาตรฐาน

(1.2) วิธีการวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้ โดยใช้เทคนิคการตั้งคำถาม

การวิเคราะห์ปัญหาวิธีนี้จะใช้วิธีการตั้งคำถามเกี่ยวกับสภาพปัญหา การเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนโดยใช้คำถามหลักคือ อะไร? ทำไม? หรือ อย่างไร? แล้วนำไปสู่การกำหนดเป็นปัญหาวิจัยที่ครูนักวิจัย สนใจอยากค้นหาคำตอบหรือหาแนวทางพัฒนา ซึ่งจะให้ได้ปัญหาวิจัยและหัวข้อวิจัยหรือชื่อเรื่องวิจัยที่หลากหลาย

(2) เมื่อวิเคราะห์ปัญหาการเรียนรู้ได้แล้ว ครูนักวิจัยจะต้องเลือกนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาให้เหมาะสมกับปัญหาการเรียนรู้ และครูนักวิจัยสามารถสร้างหรือจัดหาได้ด้วยตนเอง นวัตกรรมการเรียนรู้ หรือนวัตกรรมการเรียนการสอน (Instructional innovation) หมายถึง แนวคิดวิธีการ กระบวนการ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาการเรียนรู้หรือพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและพัฒนาผู้เรียนได้มีคุณภาพ

(3) การออกแบบและสร้างนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา เป็นการคิดกำหนดแบบหรือโครงร่างของนวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหา

(4) การใช้นวัตกรรมหรือวิธีการแก้ปัญหาไปใช้ หรือจัดการเรียนการสอนโดยใช้นวัตกรรมวิธีการแก้ปัญหาหรือพัฒนาที่ได้จัดทำไว้กับประชากรหรือกลุ่มเป้าหมายนักเรียนที่มีปัญหา การเรียนรู้หรือต้องการพัฒนาตามระยะเวลาที่ได้กำหนดไว้ สังเกตผล หรือเก็บรวบรวมข้อมูลและนำไปวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลการวิจัยและเขียนรายงานการวิจัยต่อไป

(5) การสรุปผลการวิจัย ข้อค้นพบหรือผลการแก้ไขปัญหาหรือพัฒนาผู้เรียนว่าเป็นอย่างไร แล้วเขียนไว้เป็นหลักฐานการปฏิบัติงานไว้ในรูปของรายงานการวิจัย โดยอาจจะเขียนแบบไม่เน้นวิชาการ แบบกึ่งวิชาการหรือแบบเชิงวิชาการก็ได้ตามแนวทางการเขียนที่ได้นำเสนอไว้

ประสาท เนืองเฉลิม (2556) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการดังนี้

(1) การสำรวจสภาพการปฏิบัติงาน (Reconnaissance) เป็นขั้นตอนของการสำรวจสภาพการปฏิบัติงานของครูว่ามีปัญหาอะไรบ้าง แล้ววิเคราะห์ว่าปัญหาเหล่านั้นมีสาเหตุจากอะไรและจะสามารถปรับปรุง เปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขสภาพการปฏิบัติงานส่วนใดบ้าง

(2) การวางแผน (Planning) เป็นขั้นตอนสำหรับการกำหนดวัตถุประสงค์ กำหนดวิธีการและวางแผนเพื่อลงมือปฏิบัติ (Action) ให้ค้นคว้าคำตอบหรือพัฒนานวัตกรรมและการแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงสภาพการปฏิบัติที่เป็นปัญหา

(3) การลงมือปฏิบัติ (Action) เป็นขั้นตอนการปฏิบัติการตามแผนที่กำหนดไว้

(4) การสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflection) หลังจากที่มีการปฏิบัติเพื่อแก้ไขปรับปรุงและพัฒนาตามแผนจนปรากฏผลแล้ว นักวิจัยต้องมีการสะท้อนผลการปฏิบัติว่ามีสิ่งใดที่เกิดขึ้นหรือเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาไปบ้าง เพื่อสรุปผลและวางแผนปรับปรุงใหม่หรือแก้ปัญหาใหม่ต่อไป

ในงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยเลือกวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart โดยใช้ขั้นตอน 4 ขั้นตอนด้วยกันดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน เป็นขั้นตอนสำรวจปัญหาในชั้นเรียน และนำปัญหานั้นมาวิเคราะห์เพื่อหาวิธีการสอนที่เหมาะสมและแก้ปัญหาได้ ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ เป็นขั้นที่นำนวัตกรรมหรือแผนการสอนนั้นไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต เป็นขั้นที่จะนำเครื่องมือต่าง ๆ ไปสังเกตและทดสอบกลุ่มเป้าหมาย และขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล เป็นขั้นที่นำผลการทดสอบมาวิเคราะห์ว่าปัญหานั้นแก้ไขได้มากน้อยเพียงใดเพื่อเป็นปัญหาสำหรับการวางแผนในวงรอบถัดไป



งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

สาวิตรี มูลสุวรรณ (2557) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอสที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและการใช้ตัวแทนทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์เกี่ยวกับอัตราส่วนร้อยละ งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอสก่อนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการใช้ตัวแทนความคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอสและนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเจริญศิลป์ “โพธิ์คำอนุสรณ์” จำนวน 66 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 31 คน และกลุ่มควบคุม 35 คน ระยะเวลาในการดำเนินการ 5 สัปดาห์ ใช้เวลารวม 14 คาบ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการใช้ตัวแทนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอสหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์และการใช้ตัวแทนการคิดทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอสหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อมรรัตน์ บัวจรัส (2560) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกลวิธีเอฟโอพีเอส ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนเพชรพิทยาสรรค์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 30 คน จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด 2 ห้องเรียน จำนวน 56 คน โดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ซึ่งห้องเรียนนั้น ได้จัดแบบคละความสามารถของนักเรียนที่มีผลการเรียนระดับเก่งปานกลาง และอ่อน อยู่ในห้องเดียวกัน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 และความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เยาว์ประภา สิงห์มหาไชย (2561) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัยและนิรนัย ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ เรื่องลำดับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัยและนิรนัยกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัยและนิรนัยกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ที่กำลังเรียนภาคเรียนที่ 1 ปี การศึกษา 2560 โรงเรียนสวนป่าเขาชะอางค์ อำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี 1 ห้องเรียน จำนวน 25 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ซึ่งโรงเรียนสวนป่าเขาชะอางค์ มีการจัดชั้นเรียนโดยคละความสามารถในแต่ละห้องเรียนและแต่ละห้องเรียนไม่มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 16 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัยและนิรนัย เรื่อง ลำดับ สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัยและนิรนัย เรื่อง ลำดับสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พัชรภา พลเยี่ยม (2564) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งมีกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 24 คน โรงเรียนสตรีศึกษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง โดยดำเนินการวิจัยตามรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นจำนวน 3 วงจรปฏิบัติการ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาหลังจากเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR เพิ่มขึ้น โดยในวงจรปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 50.00 วงจรปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 19 คน คิดเป็นร้อยละ 79.17 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดีขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 เนื่องมาจากครูผู้สอนมีการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้โดยอธิบายขั้นตอนการทำกิจกรรมต่าง ๆ ให้ชัดเจนขึ้น มีการปรับสถานการณ์ปัญหาในใบกิจกรรมให้มีความใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมากยิ่งขึ้น รวมทั้งมีการนำสื่อสถานการณ์จำลองเข้ามาช่วยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และวงจรปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 22 คน คิดเป็นร้อยละ 91.67 ซึ่งจะเห็นได้ว่าภาพรวมนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์

ปัญหาที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องมาจากการปรับกิจกรรมการเรียนรู้โดยครูผู้สอนมีการเน้นย้ำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาทุกขั้นตอนมากยิ่งขึ้น ทำให้นักเรียนคิดทบทวน ไตร่ตรอง ในกระบวนการคิดของตนเอง รวมทั้งนักเรียนได้รับการฝึกแก้ปัญหาและแก้โจทย์ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ จึงเกิดความคุ้นเคยกับกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธี STAR เป็นผลให้นักเรียนแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ และมีลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง

พิรารวรรณ วังทะพันธ์ (2564) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง เสียง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชาฟิสิกส์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งมีกลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 โรงเรียนโกสุมพิทยาสรรค์ อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามหาสารคาม เขต 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 24 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) ใช้ระยะเวลาในการวิจัยจำนวน 12 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้วงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 7 คน วงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 19 คน จะเห็นได้ว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาดีขึ้นจากวงจรปฏิบัติการที่ 1 เนื่องมาจากครูได้ให้เวลานักเรียนได้คิดวางแผนมากขึ้น และมีการสอนซ่อมเสริมนักเรียน เพื่อฝึกทักษะทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ และในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 มีนักเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 24 คน ซึ่งจะเห็นได้ว่าภาพรวมนักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่สูงขึ้นอย่างชัดเจน เนื่องมาจากนักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดของคนในกลุ่มมากขึ้น อีกทั้งครูมีการเสริมแรงด้วยการให้คะแนนยังสามารถกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นมากขึ้น จึงทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้นตามลำดับ

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศพบว่ากลวิธีเอฟโอพีเอสส่วนใหญ่มักพบในงานวิจัยของวิชาคณิตศาสตร์ในส่วนของวิชาวิทยาศาสตร์กลวิธีเอฟโอพีเอสนี้ยังมีปรากฏในงานวิจัยของรายวิชาฟิสิกส์ ซึ่งยังไม่มีปรากฏในรายวิชาเคมี ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกลวิธีเอฟโอพีเอสในงานวิจัยของวิชาคณิตศาสตร์แทน ดังที่กล่าวมาข้างต้น

งานวิจัยต่างประเทศ

Takimoto (2008) ได้ศึกษาผลของการสอนด้วยวิธีนิรนัยและอุปนัยที่มีผลต่อการเรียนภาษาอังกฤษในฐานะภาษาต่างประเทศ โดยศึกษาจากผู้ใหญ่ชาวญี่ปุ่นที่ใช้ภาษาญี่ปุ่นเป็นภาษาแม่ และมีระดับความสามารถทางภาษาอังกฤษ อยู่ในระดับปานกลางจำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง

3 กลุ่ม กลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม 3 กลุ่มแรกได้รับวิธีการสอนที่แตกต่างกันออกไปคือ ก. วิธีการสอนแบบนิรนัย ข. วิธีการสอนแบบอุปนัยร่วมกับวิธีการแก้ปัญหา ค. วิธีการสอนแบบอุปนัยร่วมกับการสอนไวยากรณ์ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมได้รับการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่ม มีผลการเรียนดีขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามในด้านทักษะการฟัง มีเฉพาะกลุ่ม ก. ที่ได้รับวิธีการสอนแบบนิรนัยเท่านั้นที่มีผลการเรียนดีขึ้น

Na (2009) ได้ศึกษาผลของการแทรกแซงการเรียนการสอนโดยโครงสร้างความรู้เป็นฐาน (Schema-based Intervention) ที่มีต่อทักษะการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีปัญหาในการเรียนรู้โดยกลุ่มทดลองที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 4 คนผลการวิจัยพบว่าการแทรกแซงการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน (Schema-based Intervention) สามารถส่งเสริมการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการคูณและการหารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นได้อย่างชัดเจน

Jitendra et al. (2011) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน ที่ได้ออกแบบมาเพื่อใช้ในการสอนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เกี่ยวกับวิธีการทำความเข้าใจและแก้ปัญหา เรื่อง อัตราส่วน มาตรฐาน และเปอร์เซ็นต์ การเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานนี้ให้ความสำคัญกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ของปัญหาผ่านแผนภาพโครงสร้างโดยมุ่งเน้นกระบวนการ 4 ขั้นตอนที่ส่งเสริมการแก้ปัญหาและการเตือนตนเองเกี่ยวกับการแก้ปัญหา และมีการปรับใช้กลวิธีแก้ปัญหามาบนพื้นฐานของสถานการณ์ปัญหา การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาผ่านครูในโรงเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 3 โรงเรียนโดยสุ่มเลือกห้องเรียนจำนวน 21 ห้องเพื่อเป็นห้องทดลองและห้องควบคุม ผลของการวิจัยพบว่าการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานมีประสิทธิภาพโดยตรงต่อการแก้ปัญหของนักเรียน แต่ในการพัฒนาความคงทนเกี่ยวกับทักษะการแก้ปัญหาลงจากการทดลอง 1 เดือน พบว่าการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานไม่ได้มีประสิทธิภาพในระยะยาวและไม่ได้มีผลต่อการถ่ายโยงการแก้ปัญหในบริบทอื่น ๆ

Rockwell (2012) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนออทิสติก โดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นประสิทธิภาพของการเรียนการสอนด้วยโครงสร้างความรู้เป็นฐาน (Schema – based instruction) โดยใช้กลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS) เพื่อปรับปรุงการบวกและลบโจทย์ปัญหาของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนออทิสติกระดับเกรด 1 และเกรด 6 ได้รับการสอนโดยใช้แผนภาพโครงสร้าง (Schematic diagrams) ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์เกี่ยวกับการบวก

และการลบ ผลการศึกษาพบว่า การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐานมีผลที่ดีขึ้น และผู้ปกครองมีความพึงพอใจต่อการเรียนการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน

Bibih et al (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิธีสอนแบบนิรนัย-อุปนัย เพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการรับรู้ความสามารถของตนเองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ เพื่อวิเคราะห์การประยุกต์ใช้วิธีสอนแบบนิรนัย-อุปนัย และเพื่อพัฒนาความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการรับรู้ความสามารถของตนเอง ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนเกรด 8 จำนวน 80 คน ผลการวิจัยพบว่า การพัฒนาทักษะการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ และการรับรู้ความสามารถของตนเอง โดยใช้วิธีสอนแบบนิรนัย-อุปนัย มีประสิทธิภาพสูงกว่าวิธีสอนแบบปกติ

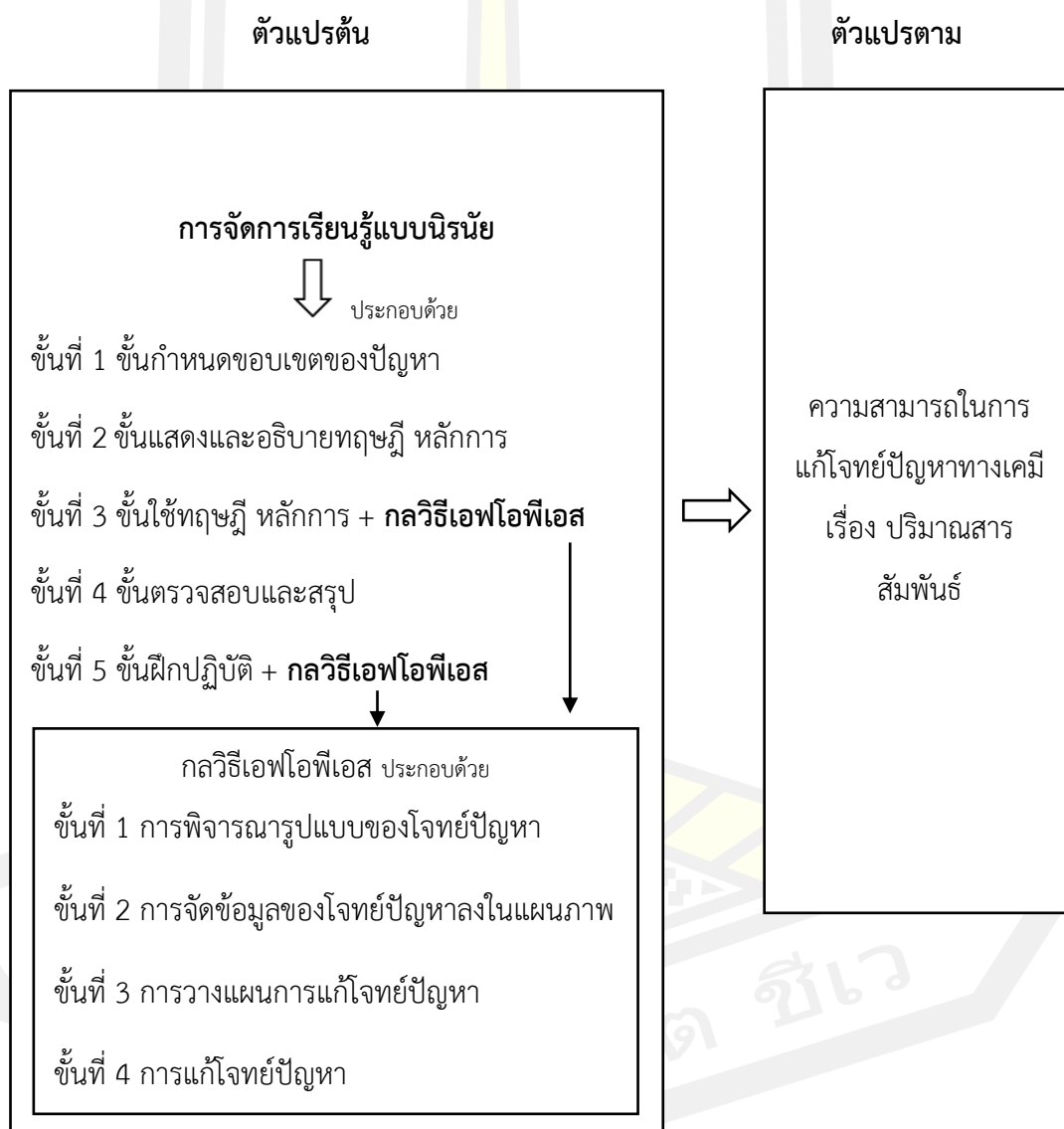
Skripsi (2022) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสื่อการสอนตามแนวทางโครงสร้างความรู้เป็นฐาน (Schema – based instruction) โดยใช้กลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS) ที่เกี่ยวกับเนื้อหาทฤษฎีการแจกแจงนัยในทางคณิตศาสตร์วิทยาลัยการศึกษาและการฝึกอบรมครูมหาวิทยาลัยอิสลามแห่งจาการ์ตา การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โครงสร้างความรู้เป็นฐาน Schema-Based Instruction (SBI) ด้วยกลวิธี FOPS ในเนื้อหาทฤษฎีการแจกแจงนัย โดยโครงสร้างความรู้เป็นฐานเป็นแนวทางและวิธีแก้ปัญหามาแบบแผนโดยใช้กลวิธี FOPS ซึ่งมีขั้นตอนคือ การค้นหาประเภทของปัญหา การจัดระเบียบข้อมูลในปัญหาโดยใช้แผนผัง การวางแผนแก้ปัญห และ การแก้ไขปัญห ซึ่งกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนระดับ 12 ของ SMA Perguruan Rakyat 1 จากการ์ตา โดยใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling) วิธีการวิจัยที่ใช้คือการปรับเปลี่ยนแบบจำลอง 4 มิติของ Thiagarajan ด้วยการกำหนด ออกแบบ และพัฒนาขั้นตอนต่าง ๆ ผลการประเมินสื่อการสอนตามผู้เชี่ยวชาญระบุว่าสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้นมีเกณฑ์ที่เหมาะสม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 4.09 และมีข้อดีในด้านการประเมิน คะแนนเฉลี่ยของคำตอบของนักเรียนมีเกณฑ์ดีมาก คะแนนเฉลี่ย 4.40 ในทุกด้าน มีเกณฑ์ดีมาก จากสิ่งนี้แสดงให้เห็นว่าสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้นจะรวมอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมและสามารถนำมาใช้ในการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับชั้นเรียน 12 SMA/MA ได้

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย และกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS) มีผลการวิจัยที่ชี้ให้เห็นว่าสามารถที่จะพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาได้ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดให้เป็นระบบและฝึกกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาให้มีลำดับขั้นตอนที่ถูกต้อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความเชื่อมั่นว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS) จะสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาให้กับนักเรียนในกลุ่มเป้าหมายให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มได้

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้ เกิดจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ตามทฤษฎีของสุวิทย์ มูลคำและคณะ (2545) และกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) ตามทฤษฎีของ Jitendra et al. (2010)



รูปที่ 2 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส ซึ่งงานวิจัยชิ้นนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (Kemmis and M. 1988) มีขั้นตอนการปฏิบัติงาน ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ผู้วิจัยเลือกใช้จากวิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาภาคกาฬสินธุ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ที่ได้เลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) โดยผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกกลุ่มเป้าหมายจากการนำเครื่องมือแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ซึ่งผู้วิจัยได้นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จากงานวิจัยของคุณ (โชติรส อับสมบูรณ์, 2564) และปรับปรุงแก้ไขเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอสจากงานวิจัยของคุณ (พิราวรรณ วังทะพันธ์, 2564) โดยจะเพิ่มเกณฑ์ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับเคมี ไปทดสอบกับนักเรียน จากนั้นผู้วิจัยจึงนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบทดสอบของนักเรียนแต่ละคนมาคิดเป็นร้อยละ แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งเมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์แล้ว ได้ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน แสดงดังตาราง 4

ตารางที่ 4 ผลคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4

คนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา				รวม 16 คะแนน	ร้อยละ	ผ่าน เกณฑ์ ร้อยละ 70
	การพิจารณารูปแบบของโจทย์ ปัญหา (4 คะแนน)	การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (4 คะแนน)	การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา แผนภาพ (4 คะแนน)	การแก้โจทย์ปัญหา (4 คะแนน)			
1	4	0	0	0	4	25.00	ไม่ผ่าน
2	3	0	2	0	5	31.25	ไม่ผ่าน
3	4	0	0	0	4	25.00	ไม่ผ่าน
4	3	0	0	0	3	18.75	ไม่ผ่าน
5	2	4	2	0	8	50.00	ไม่ผ่าน
6	4	4	2	2	12	75.00	ผ่าน
7	3	0	0	0	3	18.75	ไม่ผ่าน
8	3	2	2	0	7	43.75	ไม่ผ่าน
9	2	4	2	0	8	50.00	ไม่ผ่าน
10	1	4	0	0	5	31.25	ไม่ผ่าน
11	3	2	2	0	7	43.75	ไม่ผ่าน
12	3	2	4	0	9	56.25	ไม่ผ่าน
13	4	0	2	0	6	37.50	ไม่ผ่าน
14	3	0	2	0	5	31.25	ไม่ผ่าน
15	4	0	0	0	0	25.00	ไม่ผ่าน
16	4	4	2	0	10	62.50	ไม่ผ่าน
17	4	4	4	2	14	87.50	ผ่าน
18	4	4	4	0	12	75.00	ผ่าน
19	3	4	3	0	10	62.50	ไม่ผ่าน
20	3	4	0	0	7	43.75	ไม่ผ่าน

ตาราง 4 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา				รวม 16 คะแนน	ร้อยละ	ผ่าน เกณฑ์ ร้อยละ 70
	การพิจารณารูปแบบของโจทย์ ปัญหา (4 คะแนน)	การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (4 คะแนน)	การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา แผนภาพ (4 คะแนน)	การแก้โจทย์ปัญหา (4 คะแนน)			
21	4	0	0	0	4	25.00	ไม่ผ่าน
22	4	0	0	0	4	25.00	ไม่ผ่าน
23	3	2	3	0	8	50.00	ไม่ผ่าน
24	3	2	4	0	9	56.25	ไม่ผ่าน
25	3	0	4	0	7	43.75	ไม่ผ่าน
26	3	0	0	0	3	18.75	ไม่ผ่าน
27	3	0	0	0	3	18.75	ไม่ผ่าน
28	4	4	4	0	12	75.00	ผ่าน
29	2	2	2	0	6	37.50	ไม่ผ่าน
30	3	0	0	0	3	18.75	ไม่ผ่าน
31	2	2	2	0	6	37.50	ไม่ผ่าน
32	4	4	4	0	12	75.00	ผ่าน
33	3	0	2	0	5	31.25	ไม่ผ่าน
34	4	4	4	0	12	75.00	ผ่าน
35	4	4	4	0	12	75.00	ผ่าน
36	4	0	0	0	4	25.00	ไม่ผ่าน
37	4	4	4	0	12	75.00	ผ่าน
38	4	4	4	1	13	81.25	ผ่าน
\bar{x}	3.29	1.95	1.95	0.13	7.21	45.72	
SD	0.76	1.81	1.61	0.47	3.56		

ผลคะแนนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 38 คน พบว่า มีนักเรียนที่คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 29 คน ซึ่งจะเป็นกลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้เพื่อแก้ปัญหาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 3 ชนิดด้วยกัน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัย ร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส เนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 9 แผนการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรในการวิจัย คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีรายละเอียดดังนี้

แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ เป็นข้อสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยเป็นข้อสอบแบบอัตนัย เพื่อใช้ทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทำยวงรอบปฏิบัติการ จำนวน 3 ชุด ชุดละ 6 ข้อ โดยลักษณะของข้อสอบเป็นการกำหนดสถานการณ์และการแก้โจทย์ปัญหาเกี่ยวกับเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ซึ่งในแต่ละข้อจะวัดความสามารถ 4 ด้านตามกลวิธีเอฟโอพีเอสดังนี้ ด้านการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา ด้านการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ด้านการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา และด้านการแก้โจทย์ปัญหา

3. เครื่องมือที่ใช้การสะท้อนผลวิจัย คือ แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้โจทย์ปัญหาและแบบสัมภาษณ์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) แบบสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน เป็นแบบมีโครงสร้าง โดยจะใช้สังเกตพฤติกรรมนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่แสดงออกรายบุคคล โดยในการสังเกตพฤติกรรมกรรมการแก้โจทย์ปัญหาจะแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ ด้านการแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา ด้านการแก้โจทย์ปัญหา และด้านการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งสังเกตระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2) แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง เป็นแบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส โดยกำหนดขอบเขตในการสัมภาษณ์ออกเป็น 5 ด้าน คือ ด้านการกำหนดขอบเขตของปัญหา ด้านการแสดงและอธิบายทฤษฎีหลักการ ด้านการใช้ทฤษฎีหลักการ(ใช้กลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) ในการแก้โจทย์ปัญหา) ด้านการตรวจสอบและสรุป และด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม โดยที่คำถามจะไม่แน่นอนตายตัว แต่จะกำหนดคำสำคัญหรือ keywords ไว้ในคำถามแต่ละข้อสัมภาษณ์เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ

การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นในการดำเนินการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ โดยมีขั้นตอนดังนี้

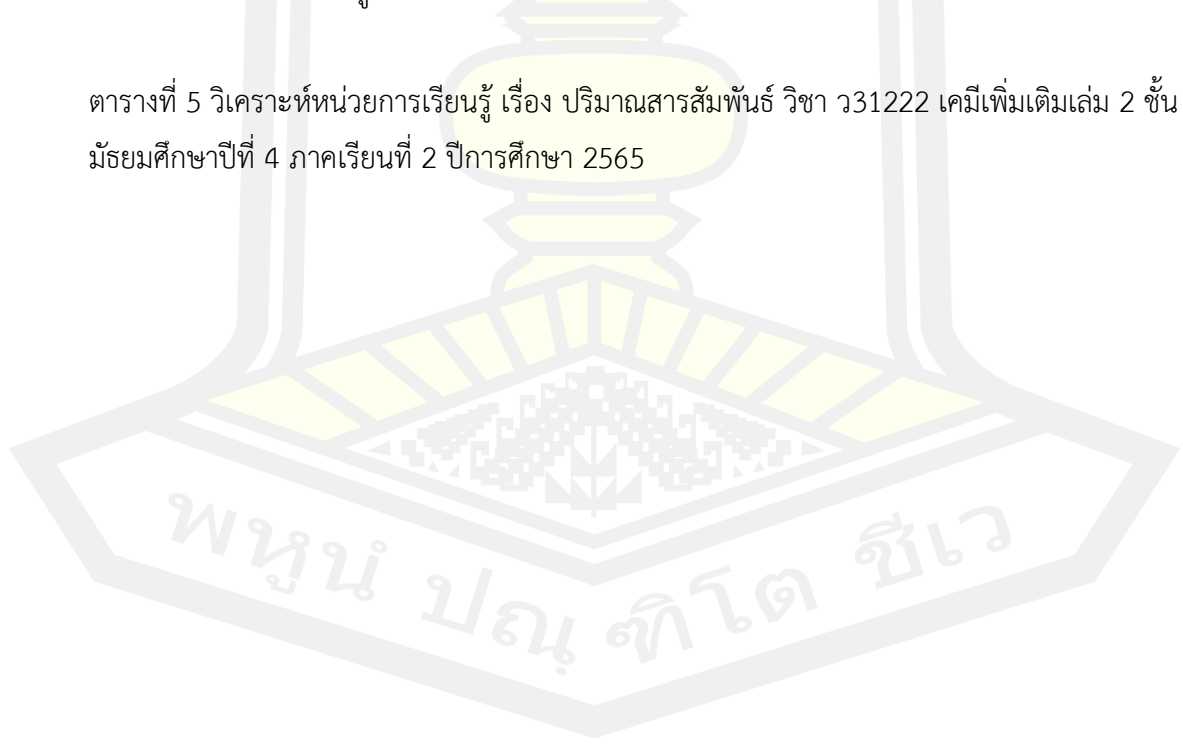
1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส จำนวน 9 แผน รวมทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง มีรายละเอียดในการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ดังนี้

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560 และศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พร้อมกับวางขอบเขตเนื้อหาการจัดการเรียนรู้กับครูพี่เลี้ยง

2) ศึกษาบทเรียน และรวบรวมเนื้อหา พร้อมทั้งศึกษาหลักสูตรของโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ประกอบกับเนื้อหาที่จะทำการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส เพื่อทำการแบ่งเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลา และต้องมีความสอดคล้องกับตัวชี้วัด ของหลักสูตรตามที่กำหนดไว้

3) ดำเนินการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้และจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส โดยใช้เนื้อหาเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ซึ่งมีจำนวนแผนการเรียนรู้ทั้งหมด 9 แผนการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565



ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

วงรอบที่	คาบที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
1	1	8. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมี	เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิดเมื่อทราบสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์	ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่ทำให้สารตั้งแต่ 1 ชนิดเปลี่ยนเป็นสารชนิดใหม่ โดยอะตอมหรือไอออนของสารตั้งต้นจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างและสมบัติต่างจากสารตั้งต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นด้วยประสาทสัมผัสได้ชัดเจน เช่น การเกิดฟองแก๊ส การเกิดตะกอน การเกิดกลิ่น การเปลี่ยนสี การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิ อาจบ่งชี้ได้ว่าที่สารใหม่เกิดขึ้นและการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นปฏิกิริยาเคมี อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ชัดเจนอาจไม่ใช่ปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงนั้นไม่ทำให้เกิดสารใหม่ เช่น	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมีได้ 2. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการคำนวณจำนวนโมลในปฏิกิริยาเคมีได้ 3. นักเรียนให้ความร่วมมือในชั้นเรียน	สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 1 - การสังเคราะห์แอมโมเนีย(NH ₃) ในโรงงานแห่งหนึ่งเกิดจากการนำแก๊สไนโตรเจน(N ₂) มาทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจน(H ₂) ซึ่งพบว่าใช้แก๊สไฮโดรเจน 112 ลิตร และใช้แก๊สไนโตรเจน 67.2 ลิตร นักเรียนคิดว่าเราสามารถคำนวณหาค่าอะไรได้บ้างจากสถานการณ์นี้	2

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

วงรอบที่	คาบที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
				<p>ฟองแก๊สที่เกิดขึ้นระหว่างการเดือดของน้ำ ไม่ใช่ปฏิกิริยาเคมีแต่เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เพราะน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอ น้ำไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น ในทางตรงกันข้าม ปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบ เช่น สารละลายกรด</p> <p>ทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง แต่สามารถทดสอบได้ด้วยการใช้อินดิเคเตอร์วัดค่า pH</p>		<p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 5</p> <p>-ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งนาย ก กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์สาขาเคมี ในการเรียนรู้วันหนึ่งนาย ก ต้องเข้าห้องแล็บทำปฏิบัติการ ซึ่งอาจารย์ให้โจทย์ว่าให้หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์(NaCl) จากโซเดียมคลอไรด์ 0.5 กรัม จำนวนโมลของคอปเปอร์(Cu) จากคอปเปอร์ 800 มิลลิกรัม และให้หาจำนวนโมลของอะซีโตน (C₃H₆O) จากอะซีโตน 50 mL เข้มข้น 4 mol/L เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของสารใหม่ นาย ก จะทำการหาจำนวนโมลของสารทั้งสามได้อย่างไร</p>	

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

วง รอบ ที่	คาบ ที่	ผลการ เรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
1	2	8. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด	แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี	การอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารที่เป็นประโยชน์ต่อความสามารถทำให้สั้นและเข้าใจตรงกันโดยใช้สูตรเคมีและสัญลักษณ์ ซึ่งเรียกว่า สมการเคมี (Chemical equation) ตัวอย่างเช่น การสังเคราะห์แบเรียมฟอสเฟต ($Ba_3(PO_4)_2$) ดังนี้ $Na_3PO_4(aq) + BaCl_2(aq) \rightarrow (Ba_3(PO_4)_2)_s + NaCl(aq)$ จะเห็นได้ว่าสมการเคมีแสดงชนิดของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมี โดยเขียนสูตรเคมีของสารตั้งต้นไว้ทางซ้ายมือและสูตรเคมีของผลิตภัณฑ์ไว้ทางขวาของลูกศร ซึ่งลูกศรแสดงทิศทางการเกิดปฏิกิริยาเคมี นอกจากนี้อาจแสดงสถานะของสารโดยเขียนไว้เบื้องหลังสูตรเคมีของสารแต่ละชนิด ซึ่งการเขียนสมการเคมีที่สมบูรณ์จะต้องของแต่ละธาตุในสารตั้งต้นและ	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของสัญลักษณ์ในสมการเคมีได้ 2. นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองของสมการเคมีเขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาได้ 3. นักเรียนให้ความร่วมมือในชั้นเรียน	สถานการณ์โจทย์ปัญหาในชั้นที่ 1 -ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮดรอกไซด์(NaOH) กับกรดฟอสฟอริก(H_3PO_4) ได้โซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) กับน้ำ(H_2O) นักเรียนจะทำอย่างไรจึงจะเปลี่ยนปฏิกิริยานี้ให้อยู่ในรูปของสัญลักษณ์ได้ สถานการณ์โจทย์ปัญหาในชั้นที่ 5 -เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างแก๊สโพรเพน (C_3H_8) ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน (O_2) ได้น้ำ (H_2O) และแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์(CO_2)	1

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา2565

วง รอบ ที่	คาบ ที่	ผลการ เรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)	
1	3	8. แปล ความหมาย สัญลักษณ์ สมการเคมี เขียนและดุล สมการเคมี ของปฏิกิริยา เคมีบางชนิด	ระบุ อัตราส่วน โดยโมลจาก สมการเคมี	สมการเคมีที่ดุลแล้วของการสังเคราะห์ แบบรีดอกซ์ $3\text{BaCl}_{2(aq)} + 2\text{Na}_3\text{PO}_{4(aq)} + 6\text{NaCl}_{(aq)} \rightarrow (\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2)_{(s)} + 6\text{NaCl}_{(aq)}$ จากสมการเคมีที่ดุลแล้วนี้แสดงให้เห็นว่าโซเดียมฟอสเฟต 2 โมลทำปฏิกิริยาพอดีกับแบเรียมคลอไรด์ 3 โมลได้แบเรียมฟอสเฟต 1 โมลและโซเดียมคลอไรด์ 6 โมล จะเห็นว่าอัตราส่วนโดยโมลของโซเดียมฟอสเฟตที่ทำปฏิกิริยากับ	ผลิตภัณฑ์ต้องมีจำนวนเท่ากัน ซึ่งทำได้โดยการดุลสมการเคมี โดยการนำตัวเลขที่เหมาะสมซึ่งเรียกว่า เลขสัมประสิทธิ์ (coefficient) มาเติมหน้าสูตรของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ โดยไม่มีการเปลี่ยนสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์	1. นักเรียนสามารถอธิบายอัตราส่วนโดยโมลจากสมการเคมีได้ 2. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการคำนวณหาจำนวนมวลของสารในสมการเคมีได้	สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 1 -เมื่อละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์(KI) 1.66 กรัมในน้ำ แล้วเติมเลด(II)ไนเตรต($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) ลงไป 1.65 กรัม ปรากฏว่าสารทั้งสองชนิดทำปฏิกิริยาพอดีได้เลด(II)ไอโอไดด์(PbI_2) และโพแทสเซียมไนเตรต(KNO_3) ถ้ามีเลด(II)ไอโอไดด์เกิดขึ้น 2.30 กรัม จากสถานการณ์นี้ นักเรียนต้องการทราบค่าอะไรของโพแทสเซียมไนเตรตที่เกิดขึ้น	2

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา2565

วง รอบ ที่	คาบ ที่	ผลการ เรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
				<p>แบเรียมคลอไรด์ได้แบเรียมฟอสเฟตและโซเดียมคลอไรด์เท่ากับ 2 : 3 : 1 : 6</p> <p>อัตราส่วนโดยโมลของสารในสมการเคมีที่ดุลแล้วนี้เรียกว่า อัตราส่วนโดยโมล (mole ratio) และเมื่อในปี พ.ศ. 2317 โดยองตอง-โรรองลาวัวซีเย</p> <p>นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศสได้ทดลองเผาสารที่ปัดสนพบว่ามวลรวมของสารก่อนเกิดปฏิกิริยาเคมีเท่ากับมวลรวมของสารหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเรียกว่า กฎทรงมวล (Law of conservation of mass) ดังนั้นจึงสรุปได้ว่ามวลรวมของสารตั้งต้นจะเท่ากับมวลรวมของสารผลิตภัณฑ์นั่นเอง</p>	<p>3. นักเรียนให้ความร่วมมือในชั้นเรียน</p>	<p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในชั้นที่ 5</p> <p>- ซิลเวอร์คลอไรด์(AgCl) มีโลหะเงิน(Ag) เป็นองค์ประกอบร้อยละ 75.24 โดยมวล น้ำโลหะเงินจำนวน 10.00 กรัม มาทำปฏิกิริยาในภาชนะปิดที่มีแก๊สคลอรีน(Cl_2) เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดพบว่าเกิดซิลเวอร์คลอไรด์(AgCl) จำนวน 6.45 กรัม เหลือโลหะเงิน(Ag) 5.15 กรัม และไม่แก๊สคลอรีน(Cl_2) เหลืออยู่ในระบบ ในตอนเริ่มต้นปฏิกิริยามีแก๊สคลอรีน(Cl_2) อยู่ในระบบกี่กรัม</p>	

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา2565

วาง รอบ ที่	คาบ ที่	ผลการ เรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
1	4			แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา ทำยวงรอบที่ 1			2
2	5	ปริมาณของ สารใน ปฏิกิริยาเคมี ที่เกี่ยวข้อง กับมวลสาร	ปริมาณของ สารใน ปฏิกิริยาเคมี ที่เกี่ยวข้อง กับมวลสาร	<p>ในทางปฏิบัตินิยมวัดปริมาณสารเป็นมวล เนื่องจากสะดวกต่อการวัด มวลของสารมี ความสัมพันธ์กับจำนวนโมล จึงสามารถ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโม ลของสารในสมการเคมีกับมวลของสารได้ โดยใช้มวลต่อโมลในการเปลี่ยนโมลให้ เป็นมวลของสาร</p>	<p>1. นักเรียนสามารถ อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่างจำนวนโมล และมวลของสารได้</p> <p>2. นักเรียนสามารถ แก้โจทย์ปัญหาใน การคำนวณหา จำนวนมวลสารใน ปฏิกิริยาเคมีได้</p> <p>3. นักเรียนให้ความ ร่วมมือในชั้นเรียน</p>	<p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในชั้นที่ 1 -ในโรงงานแห่งหนึ่งนักวิทยาศาสตร์ทดลองการ เกิดปฏิกิริยาดังต่อไปนี้ $8Zn(s) + S_8(s) \rightarrow$ $8ZnS(s)$ นักเรียนคิดว่าจำเป็นต้องทราบค่า อะไรของกำมะถัน S_8 จึงจะทำปฏิกิริยาพอกับ โลหะสังกะสี (Zn) 5.22 กรัมในการผลิต ZnS</p> <p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในชั้นที่ 5 -เมื่อผ่านแก๊สคลอรีนลงในสารละลาย โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อน เกิดปฏิกิริยา เคมีดังสมการ $3Cl_2(g) + 6KOH(aq) \rightarrow$ $5KCl(aq) + KClO_3(aq) + 3H_2O(l)$ จง คำนวณมวลของโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เมื่อ ต้องการโพแทสเซียมคลอเรต 0.450 โมล</p>	1

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา2565

วงรอบที่	คาบที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
2	6	10. จำนวนของปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย	คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย	ปฏิกิริยาเคมีหลายชนิดอยู่ในรูปสารละลาย สารที่ทำปฏิกิริยาเคมีกันคือตัวละลาย โดยปริมาณของตัวละลายในสารละลายแสดงในรูปของความเข้มข้น ซึ่งมีหลายหน่วย สำหรับวิชาเคมีนิยมใช้หน่วยโมลาร์หรือโมลต่อลิตร เนื่องจากมีความสัมพันธ์กับจำนวนโมลโดยตรง จึงสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมลของสารในสมการเคมีกับหน่วยความเข้มข้นของสารละลายได้	1. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับความเข้มข้นของสารละลายได้ 2. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในปฏิกิริยาเคมีได้ 3. นักเรียนใช้ความรู้ร่วมมือในชั้นเรียน	สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 1 -ปฏิกิริยาต่อไปนี้ $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + \text{K}(\text{I})(\text{aq}) \rightarrow \text{PbI}_2(\text{s}) + \text{KNO}_3(\text{aq})$ ถ้าใช้โพแทสเซียมไอโอไดด์(KI) เข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตรปริมาตร 4.0 มิลลิตร ทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายเลด(II)ไนเตรต($\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$) ปริมาตร 1.0 มิลลิตร นักเรียนคิดว่าจำเป็นต้องทราบค่าอะไรของโพแทสเซียมไนเตรต(KNO_3) ในสารละลายเมื่อปริมาตรของสารละลายไม่มีการเปลี่ยนแปลง	2

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา 2565

วงรอบ ที่	คาบ ที่	ผลการ เรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
						<p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในชั้นที่ 5</p> <p>-โลหะสังกะสีทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เขียนสมการเคมีได้ดังนี้ (สมการเคมียังไม่ดุล)</p> $\text{Zn(s)} + \text{HCl(aq)} \longrightarrow \text{H}_2(\text{g}) + \text{ZnCl}_2(\text{aq})$ <p>ถ้าใช้โลหะสังกะสี 13.07 กรัม จะต้องใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2.0 โมลต่อลิตร ปริมาตรกี่มิลลิลิตร</p>	

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา2565

วงรอบที่	คาบที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
2	7	11. จำนวน ปริมาณของ สารใน ปฏิกิริยาเคมี ที่เกี่ยวข้อง กับปริมาณ แก๊ส	คำนวณ ปริมาณของ สารใน ปฏิกิริยาเคมี ที่เกี่ยวข้อง กับปริมาณ แก๊ส	แก๊สสามารถทำปฏิกิริยากันแล้วเกิดเป็น แก๊สชนิดใหม่ เช่น ออกซิเจน (O ₂) ทำ ปฏิกิริยาเคมีกับแก๊สไนโตรเจนมอน ออกไซด์ (NO) เกิดเป็นแก๊สไนโตรเจนได ออกไซด์ (NO ₂) อัตราส่วนโดยปริมาตร ของแก๊สออกซิเจนและแก๊สไนโตรเจนมอน ออกไซด์ซึ่งเป็นสารตั้งต้นกับแก๊ส ไนโตรเจนไดออกไซด์ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ เท่ากับ 1 : 2 : 2 ดังนี้ O _{2(g)} + 2NO _(g) → 2NO _{2(g)} จะเห็นว่าปริมาณของสารใน ปฏิกิริยามีความสัมพันธ์กับปริมาตรของ แก๊สที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยา ซึ่งเป็นไปตาม กฎการรวมปริมาตรแก๊สของเกย์-ลุสแซก (Gay-Lussac's law) ซึ่งกล่าวว่า เมื่อ ปริมาตรของแก๊สคงที่ ความดันจะแปรผัน โดยตรงกับอุณหภูมิ สารประกอบหนึ่ง ๆ เกิดจากการรวมตัวของธาตุตั้งแต่สองชนิด	1. นักเรียนสามารถ อธิบายความหมาย กฎแก๊สของเกย์-ลุสแซกได้ 2. นักเรียนสามารถ อธิบาย ความสัมพันธ์ ระหว่างโมลกับ ปริมาตรแก๊สได้ 3. นักเรียนสามารถ แก็งโจทย์ปัญหาใน การคำนวณหา ปริมาตรของแก๊สได้ 4. นักเรียนให้ความ ร่วมมือในชั้นเรียน	<p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 1</p> <p>-จากปฏิกิริยา $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ แก๊สไฮโดรเจน(H₂) ทำปฏิกิริยาเคมีกับแก๊ส ออกซิเจน(O₂) เกิดเป็นไอน้ำ(H₂O) นักเรียนคิด ว่าจำเป็นต้องทราบค่าอะไรของแก๊สไฮโดรเจน (H₂) ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับแก๊สออกซิเจน(O₂) 40 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสความดัน 1 บรรยากาศ</p> <p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 5</p> <p>-จากปฏิกิริยา $2H_2(g) + O_2(g) \rightarrow 2H_2O(g)$ ที่อุณหภูมิและความดันเดียวกัน เมื่อนำแก๊ส ไฮโดรเจน(H₂) 100 มิลลิลิตร ทำปฏิกิริยากับ แก๊สออกซิเจน(O₂) 85 มิลลิลิตร ได้ไอน้ำ(H₂O) ไอน้ำ(H₂O) ที่เกิดขึ้นและแก๊สออกซิเจน(O₂) ที่ เหลือมีปริมาตรกี่มิลลิลิตร</p>	1

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา2565

วง รอบ ที่	คาบ ที่	ผลการ เรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)	
				ขึ้นไป และมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุที่เป็นองค์ประกอบที่เสมอ ถ้านำแก๊สสองชนิดมาทำปฏิกิริยากัน อัตราส่วนโดยปริมาตรระหว่างแก๊สทั้งสองที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน อัตราส่วนโดยปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมีจะมีค่าเท่ากับอัตราส่วนโดยโมล				
2	8	แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา ท้ายวงรอบที่ 2						2
3	9	ปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส	คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส	เมื่อพิจารณาปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมีระหว่างแก๊สไฮโดรเจน (H ₂) กับแก๊สคลอรีน (Cl ₂) เกิดเป็นแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ (HCl) ดังนี้ $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightarrow 2HCl_{(g)}$ จะเห็นว่าอัตราส่วนโดยปริมาตรของแก๊สในปฏิกิริยาเคมีมีค่าเท่ากับอัตราส่วนโดยโมลซึ่งพิจารณาจากเลขสัมประสิทธิ์ในสมการเคมี ซึ่งความสัมพันธ์ข้างต้นเป็นไปตาม สมมติฐานของ	1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายกฎแก๊สของอวอกาโดรได้ 2. นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างโมลกับปริมาตรแก๊สได้	สถานการณ์โจทย์ปัญหาในชั้นที่ 1 -จากปฏิกิริยาต่อไปนี้ $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$ ถ้าอากาศมีแก๊สออกซิเจนอยู่ร้อยละ 21 โดยปริมาตร นักเรียนคิดว่าจำเป็นต้องทราบค่าอะไรของแก๊สมีเทน (CH ₄) จึงจะทำปฏิกิริยาพอดีกับอากาศปริมาตร 30.0 ลิตร	2	

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

วงรอบที่	คาบที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การเรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
3	10	12. จำนวนของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน	ปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน	<p>อาโวกาโดร (Avogadro's Hypothesis) ซึ่งกล่าวว่า ที่อุณหภูมิและความดันคงที่ แก๊สใด ๆ ที่มีปริมาตรเท่ากันจะมีจำนวนโมเลกุลเท่ากัน</p> <p>ปฏิกิริยาเคมีบางชนิดมีหลายขั้นตอน จึงมีสมการเคมีที่เกี่ยวข้องหลายสมการ เช่น การถลุงโลหะสังกะสี ทำได้โดยนำซิงค์ออกไซด์และผงคาร์บอนไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ 2 ขั้นตอน เขียนสมการเคมีได้</p>	<p>3. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการคำนวณหาปริมาตรแก๊สได้</p> <p>4. นักเรียนให้ความร่วมมือในชั้นเรียน</p>	<p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 5</p> <p>- การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช เกิดปฏิกิริยาเคมีดังนี้ $6\text{CO}_2(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{g}) \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6(\text{g}) + 6\text{O}_2(\text{g})$ พืชต้องใช้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์กี่ลิตร ที่ STP จึงจะสามารถสังเคราะห์กลูโคสได้ 36.0 กรัม</p>	1
		12. จำนวนของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน	ปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน	<p>ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องหลายสมการ เช่น การถลุงโลหะสังกะสี ทำได้โดยนำซิงค์ออกไซด์และผงคาร์บอนไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 120 องศาเซลเซียส ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นที่ 2 ขั้นตอน เขียนสมการเคมีได้</p>	<p>1. นักเรียนสามารถระบุสารที่เป็นตัวร่วมในสมการของปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอนได้</p>	<p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 1</p> <p>- จากปฏิกิริยาต่อไปนี้</p> <p>ปฏิกิริยา (1) $\text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g})$</p> <p>ปฏิกิริยา (2) $\text{NO}(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NOCl}(\text{g})$</p> <p>นักเรียนคิดว่าจำเป็นต้องทำอะไรก่อนถึงจะสามารถรวมปฏิกิริยาให้เป็นปฏิกิริยาเดียวได้ และถ้าต้องการสมการสุทธินักเรียนคิดว่าจะสามารถทำอย่างไร</p>	1

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

วงรอบที่	คาบที่	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
			<p>ดังนี้</p> $2C(s) + O_2(g) \rightarrow 2CO(g) \dots(1)$ $ZnO(s) + CO(g) \rightarrow Zn(s) + CO_2(g) \dots$ <p>(2) จะเห็นว่าสมการ (1) และ (2) มีความเกี่ยวข้องกันโดยมีสารที่เป็นตัวร่วมของทั้งสองสมการในทันทีคือ CO ซึ่งอยู่ด้านตรงข้ามกัน ถ้าต้องการรวมสมการทั้งสองเข้าด้วยกัน โดยคูณจำนวนโมลของสารที่เป็นตัวทำปฏิกิริยาจำนวนโมลของสารที่เป็นตัวร่วมของทั้งสองสมการให้เท่ากันแล้วนำไปรวมกัน จากความสัมพันธ์ของทั้งสองสมการดังกล่าว ถ้าทราบปริมาณของสารใดสารหนึ่งในสมการหนึ่ง จะสามารถหาปริมาณของสารในอีกสมการหนึ่งได้</p>	<p>2. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการคำนวณหาสมการสุทธิจากปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอนได้</p> <p>3. นักเรียนให้ความร่วมมือในชั้นเรียน</p>	<p>สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 5</p> <p>- คุณสมบัติของปฏิกิริยาออยด์ทั้งหมดที่เขียนปฏิกิริยารวมจากปฏิกิริยาต่อไปนี้</p> <p>ปฏิกิริยา (1) $CO(g) + H_2(g) \rightarrow CHOH(g)$ 3</p> <p>ปฏิกิริยา (2) $CO_2(g) + C(s) \rightarrow CO(g)$</p>	

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

วง รอบ ที่	คาบ ที่	ผลการ เรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
3	11	12. จำนวนของ สารใน ปฏิกิริยาเคมี หลาย ขั้นตอน	จำนวน ปริมาณของ สารใน ปฏิกิริยาเคมี หลาย ขั้นตอน	ปฏิกิริยาเคมีบางชนิดมีหลายขั้นตอน จึงมี สมการเคมีที่เกี่ยวข้องหลายสมการ เช่น การถลุงโลหะสังกะสี ทำได้โดยนำซิงค์ ออกไซด์และผงคาร์บอนไปเผาที่อุณหภูมิ ประมาณ 120 องศาเซลเซียสปฏิกิริยาที่ เกิดขึ้นที่ 2 ขั้นตอน เขียนสมการเคมีได้ ดังนี้ $2C(s) + O_2(g) \rightarrow 2CO(g) \dots(1)$ $ZnO(s) + CO(g) \rightarrow Zn(s) + CO_2(g) \dots$ (2) จะเห็นว่าสมการ (1) และ (2) มีความ เกี่ยวข้องกันโดยมีสารที่เป็นตัวร่วมของทั้ง สองสมการในที่นี้คือ CO	1. นักเรียนสามารถ อธิบายความหมาย ของปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นตอนได้ 2. นักเรียนสามารถ แก้โจทย์ปัญหาใน การคำนวณหา ปริมาตรแก๊สและ และจำนวนโมลของ สารในปฏิกิริยาเคมี หลายขั้นตอนได้ 3. นักเรียนให้ความ ร่วมมือในชั้นเรียน	สถานการณ์โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 1 -ซิลิคอนที่ใช้ในชิ้นส่วนของอุปกรณ์ คอมพิวเตอร์มีขั้นตอนการผลิตเพื่อให้ได้ซิลิคอน บริสุทธิ์ดังสมการ $SiO_2(s) + 2C(s) \rightarrow Si(s) + 2CO(g) \dots\dots\dots(1)$ $Si(s) + 2Cl_2(g) \rightarrow SiCl_4(l) \dots\dots\dots(2)$ $SiCl_4(l) + 2H_2(g) \rightarrow Si(s) + 4HCl(g) \dots\dots\dots(3)$ นักเรยนคิดว่าจำเป็นต้องทราบค่าอะไรของ คาร์บอนในการผลิตซิลิคอน 100.0 กิโลกรัม	2

ตารางที่ 5 วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วิชา ว31222 เคมีเพิ่มเติมเล่ม 2 ชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

วง รอบ ที่	คาบ ที่	ผลการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	จุดประสงค์การ เรียนรู้	ตัวอย่างสถานการณ์	เวลา (ชั่วโมง)
			ซึ่งอยู่ด้านตรงข้ามกัน ถ้าต้องการรวม สมการเคมีทั้งสองทำได้โดยจำนวนโม ลของสารที่เป็นตัวร่วมของทั้งสองสมการ ให้เท่ากันแล้วนำไปหักล้างกัน จาก ความสัมพันธ์ของทั้งสองสมการดังกล่าว ถ้าทราบปริมาณของสารใดสารหนึ่งใน สมการหนึ่ง จะสามารถหาปริมาณของสาร ในอีกสมการหนึ่งได้		สถานการณ์โจทย์ปัญหาในชั้นที่ 5 -วิธีการกำจัดแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์วิธีหนึ่งทำ ได้โดยใช้ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำปฏิกิริยาเคมีกับ แคลเซียมออกไซด์ ซึ่งได้จากการเผาหินปูน ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นเขียนแสดงได้ดังนี้ $\text{CaCO}_3(\text{s}) \rightarrow \text{CaO}(\text{s}) + \text{CO}_2(\text{g}) \dots\dots(1)$ $\text{CaO}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CaSO}_3(\text{s}) \dots\dots(2)$ เมื่อใช้หินปูนหนัก 1.35×10^3 กิโลกรัม จะมี แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ปริมาณกี่ลิตรที่ STP	
3	12		แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหา ทำयरอบที่ 3			2

1.1 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และสาระสำคัญ

1.2 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอต่อที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องขององค์ประกอบแต่ละส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม

1.3 นำคำแนะนำของปรึกษาวิทยานิพนธ์มาปรับแก้ไขในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ในขั้นกำหนดขอบเขตของปัญหา เสนอสถานการณ์เพื่อให้ให้นักเรียนกำหนดขอบเขตของปัญหาเอง ชั้นแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ ให้นักเรียนมีบทบาทในขั้นการแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ ชั้นใช้ทฤษฎี หลักการ อธิบายขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสให้กับนักเรียนอย่างชัดเจน ก่อนที่จะเริ่มให้นักเรียนทำกิจกรรม และขั้นการตรวจสอบและสรุป ให้นักเรียนมีบทบาทในการตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลร่วมกัน ส่วนในแผนการจัดการเรียนรู้ในคาบ 1 ชั่วโมงให้ปรับกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้เวลาเพียงพอสำหรับการดำเนินตามแผนการจัดการเรียนรู้

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1) รศ.ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านหลักสูตรและการสอน

2) ดร.มังกร ศรีสะอาด ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (เคมี) อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

3) นางบรรดล ภูบานเข้า การศึกษามหาบัณฑิต (วิจัยการศึกษา) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิจัย การประเมินผลการศึกษาและด้านเนื้อหาวิชาเคมี

4) นายปฏิวัติ ไชยมาตร การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

5) นางสาวสุรีย์รัตน์ อุ่สูงเนิน การศึกษามหาบัณฑิต (วิชาการบริหารและการจัดการการศึกษา) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะครู โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษากาฬสินธุ์ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาวิชาเคมี

เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

1.5 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์ของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) เป็นแบบประเมินมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีเกณฑ์คุณภาพของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยรายแผนของแผนการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสเท่ากับ 4.4, 4.5, 4.5, 4.5, 4.6, 4.6, 4.6, 4.6 และ 4.6 แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินพบว่า แผนการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสมีคุณภาพอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมากถึงมากที่สุด (ภาคผนวก ข)

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านปรับแก้ไขในแผนที่ 1-9 ในด้านสาระสำคัญให้สรุปมีความกระชับเนื้อหาไม่เยิ่นเย้อเกินไป ในด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ให้มีความสัมพันธ์กับสาระสำคัญ ในด้านสื่อการเรียนรู้ให้มีความหลากหลายมากขึ้น และการเว้นวรรคของตัวอักษรในเนื้อหาต่าง ๆ จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์แล้วนำไปใช้ประกอบการสอนกับกลุ่มเป้าหมาย

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดตัวแปรในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ มีลักษณะแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 3 ชุด ชุดละ 6 ข้อ รายละเอียดในการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

1) ศึกษานิยามของการวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาจะให้คะแนนจากการเขียนทางวิทยาศาสตร์ที่มาจาก การแก้โจทย์ปัญหา

2) พิจารณาความตรงของเนื้อหาการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิชาเคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

3) สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นข้อมูลในการสร้างแบบทดสอบและกำหนดจำนวนข้อสอบ ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และจำนวนข้อสอบสำหรับ
เก็บข้อมูลในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

วงรอบ ปฏิบัติ การที่	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ	
			สร้าง	ใช้จริง
1	1. ปฏิกริยาเคมี	นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการ คำนวณจำนวนโมลในปฏิกริยาเคมีได้	4	2
	2. สมการเคมี	นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองของสมการ เคมีเขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกริยาได้	4	2
	3. มวลของสารในสมการเคมี	นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการ คำนวณหาจำนวนมวลของสารในสมการเคมี ได้	4	2
จำนวนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงรอบปฏิบัติการที่ 1			12	6
2	1. ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับ มวลสาร	นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการ คำนวณหาจำนวนมวลสารในปฏิกริยาเคมีได้	4	2
	2. ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับ ความเข้มข้นของสารละลาย	นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการ คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายใน ปฏิกริยาเคมีได้	4	2
	3. ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับ ปริมาตรแก๊ส	นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการ คำนวณหาปริมาตรของแก๊สได้	4	2
จำนวนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงรอบปฏิบัติการที่ 2			12	6
3	1. ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับ ปริมาตรแก๊ส 2	นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการ คำนวณหาปริมาตรของแก๊สได้	4	2
	2. ปฏิกริยาเคมีหลายขั้นตอน	นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการ คำนวณหาสมการสุทธิจากปฏิกริยาเคมีหลาย ขั้นตอนได้	4	2
	3. ปฏิกริยาเคมีหลายขั้นตอน 2	นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการ คำนวณหาปริมาตรแก๊สและและจำนวน โมลของสารในปฏิกริยาเคมีหลายขั้นตอนได้	4	2
จำนวนแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา วงรอบปฏิบัติการที่ 3			12	6

4) สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยสร้างแบบทดสอบเป็นแบบอัตนัย จำนวน 6 ข้อ ในแต่ละวงจรปฏิบัติการ และนำไปใช้เมื่อสิ้นสุดวงจรปฏิบัติการแต่ละรอบ

5) เกณฑ์การให้คะแนนผู้วิจัยนำรูปแบบการให้คะแนนของ Reys, Suydam and Lindquist (1995) สิริพร ทิพย์คง (2544) และ Polya (1957) มาปรับและประยุกต์ใช้เพื่อให้เหมาะสมกับการจัดการเรียนการสอน ซึ่งเกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบหลัก คือ การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา และการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นตอนการแก้โจทย์ ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพี เอส (FOPS Strategy)	เกณฑ์การประเมิน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ขั้นที่ 1 การพิจารณา รูปแบบของโจทย์ปัญหา (F – Find the problem type)	นักเรียนสามารถระบุสิ่ง ที่โจทย์ต้องการและสิ่งที่ โจทย์กำหนดได้ครบถ้วน สมบูรณ์	นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่ โจทย์ต้องการและสิ่งที่ โจทย์กำหนดได้เพียง บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถระบุ ได้ว่าโจทย์ต้องการอะไร หรือโจทย์กำหนดอะไรให้ บ้าง หรือไม่เขียนตอบ
ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของ โจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (O –Organize the information in the problem using the diagram)	นักเรียนสามารถนำเสนอ ข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดย ใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ใน การแสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้ครบถ้วน สมบูรณ์	นักเรียนสามารถนำเสนอ ข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดย ใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ใน การแสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้เพียง บางส่วน	นักเรียนไม่สามารถ นำเสนอข้อมูลที่มีอยู่ใน โจทย์โดยใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการ แสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้หรือไม่เขียน ตอบ

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้โจทย์ ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพี เอส (FOPS Strategy)	เกณฑ์การประเมิน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ขั้นที่ 3 การวางแผนการ แก้โจทย์ปัญหา (P – Plan to solve the problem)	นักเรียนสามารถเปลี่ยน ข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ ไปสู่การ เลือกใช้สูตรสมการทาง เคมีในการแก้โจทย์ ปัญหาได้ครบถ้วน สมบูรณ์	นักเรียนสามารถเปลี่ยน ข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ ไปสู่การ เลือกใช้สูตรสมการทาง เคมีในการแก้โจทย์ปัญหา ได้เพียงบางส่วน	นักเรียนไม่สามารถ เปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ ไปสู่การ เลือกใช้สูตรสมการทาง เคมีในการแก้โจทย์ปัญหา ได้ หรือไม่เขียนตอบ
ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ ปัญหา (S – Solve the problem)	นักเรียนสามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการ คำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และคำตอบถูก	นักเรียนสามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการ คำนวณได้ถูกต้อง แต่ คำตอบผิด / แสดงวิธีการ แก้โจทย์ปัญหา หรือ กระบวนการในการ คำนวณได้แต่ขาดความ ละเอียด คำตอบถูก	นักเรียนไม่สามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการ คำนวณได้ หรือไม่เขียน ตอบ

6) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยปรับด้านเนื้อหาในข้อสอบให้มีความถูกต้องตรงตามสาระสำคัญ

7) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ปรับปรุงแล้วพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้

เพื่อประเมินคุณภาพและความถูกต้องเหมาะสม โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนน
ดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์
- 1 เมื่อแน่ใจว่าข้อสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

8) นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของข้อสอบกับพฤติกรรมที่ชี้วัดถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ ซึ่งผลการพิจารณา พบว่ามีค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.6-1 (ภาคผนวก ข)

9) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยแก้ไขข้อสารเคมีให้ถูกต้อง ปรับความเหมาะสมของคำถามให้กระชับมากขึ้น แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง

10) นำเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ โดยปรับเกณฑ์การให้คะแนนที่สามารถระบุคำตอบในทางเคมีได้อย่างชัดเจน เช่น ข้อสอบข้อนี้ควรระบุสูตรทางเคมีให้ถูกต้อง

11) นำเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ปรับปรุงแล้วพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้

เพื่อพิจารณาตรวจสอบคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

12) ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยใช้เกณฑ์ของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) เป็นแบบประเมินมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีเกณฑ์คุณภาพของเกณฑ์การให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นเกณฑ์การให้คะแนนที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยรายข้อของเกณฑ์การให้คะแนนอยู่ระหว่าง 4.20-4.60 และค่าเฉลี่ยรวมทุกข้อมีค่าเท่ากับ 4.38 เมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินพบว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีคุณภาพอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก (ภาคผนวก ข)

13) นำเกณฑ์การให้คะแนนมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย และกระชับมากขึ้น แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง

14) นำเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ฉบับที่ปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

15) นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาแบบอัตนัย เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ฉบับที่ปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 35 คน ณ โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่เคยเรียนเนื้อหาเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์มาแล้ว

16) นำผลการสอบมาหาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (d) เป็นรายชื่อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-1.00 ไว้ใช้ พบว่า วงรอบปฏิบัติการที่ 1 ได้ข้อสอบเข้าเกณฑ์จำนวน 11 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากตั้งแต่ 0.38-0.66 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.26-0.50 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 ได้ข้อสอบเข้าเกณฑ์ จำนวน 10 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากตั้งแต่ 0.39-0.56 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.31-0.48 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ได้ข้อสอบเข้าเกณฑ์ จำนวน 11 ข้อ ซึ่งมีค่าความยากตั้งแต่ 0.20-0.62 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.50

17) นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ มาหาค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีของของครอนบาค (Cronbach Alpha Procedure) (Cronbach, 1951) ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) (สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์, 2547) พบว่าวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.94 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.90 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.93

18) นำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

3. เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง ดังต่อไปนี้

3.1 แบบสังเกตพฤติกรรม มีรายละเอียดในการสร้าง ดังนี้

1) ผู้วิจัยศึกษานิยามของการแก้โจทย์ปัญหา และทำการแยกประเด็นในการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนออกเป็นหัวข้อย่อย ดังนี้

- 1.1) ด้านการแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา
- 1.2) ด้านการแก้โจทย์ปัญหา
- 1.3) ด้านการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหา

2) ผู้วิจัยทำการสร้างแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาตามนิยามและประเด็นที่วางแผนไว้

3) นำแบบสังเกตพฤติกรรมเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบ โดยปรับพฤติกรรมที่ต้องการประเมินให้สอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะและปรับให้พฤติกรรมที่ต้องการประเมินสามารถสังเกตได้

4) นำแบบสังเกตพฤติกรรมที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้

ตรวจสอบคุณภาพของแบบสังเกตพฤติกรรม โดยใช้เกณฑ์ของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) เป็นแบบประเมินมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีเกณฑ์คุณภาพของแบบสังเกตพฤติกรรมโดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรม ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป ถือว่าเป็นแบบสังเกตพฤติกรรมที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยรายข้อของแบบสังเกตพฤติกรรมอยู่ระหว่าง 4.20-4.40 และค่าเฉลี่ยรวมทุกข้อมีค่าเท่ากับ 4.33 เมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินพบว่าแบบสังเกตพฤติกรรมมีคุณภาพอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก (ภาคผนวก ข)

5) นำแบบสังเกตพฤติกรรมมาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านโดยปรับแก้ไขพฤติกรรมที่ต้องการประเมินให้เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลลัพธ์ซึ่งสามารถสังเกตได้ในขณะจัดการเรียนรู้ และปรับเป็นพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาแทนพฤติกรรมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง

6) นำแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้ในการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในชั้นเรียนต่อไป

3.2 แบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เป็นคำถามที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น สำหรับเป็นข้อมูลในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในลำดับต่อไป ซึ่งผู้วิจัยจะสัมภาษณ์กลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หลังจากทำการทดสอบทำยวงรอบปฏิบัติการ โดยสัมภาษณ์นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาที่มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่าร้อยละ 70 และต่ำกว่าร้อยละ 70 โดยมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1) กำหนดขอบเขตในรายละเอียดการสัมภาษณ์ ดังนี้

1.1) การกำหนดขอบเขตของปัญหา

กำหนดให้
-นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับสถานการณ์โจทย์ปัญหาที่ครู
กำหนดให้
-นักเรียนคิดว่าสถานการณ์โจทย์ปัญหาที่ครูให้น่าให้นักเรียนสามารถ
กำหนดขอบเขตของปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

1.2) การแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ

ครูอธิบายในห้องเรียน
-นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับการอธิบายทฤษฎี หลักการที่
ทฤษฎี หลักการ
-นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับตัวอย่างที่ครูมาอธิบายร่วมกับ

1.3) การใช้ทฤษฎี หลักการ (ใช้กลยุทธ์เอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) ใน

การแก้โจทย์ปัญหา)
-นักเรียนสามารถบอกได้หรือไม่ว่าจากสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหา
ต้องการให้หาสิ่งใด อย่างไร
-จากสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหานักเรียนสามารถจัดข้อมูลของโจทย์
ปัญหาลงในแผนภาพได้หรือไม่ อย่างไร
-นักเรียนสามารถเขียนสูตรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องข้อกับโจทย์ปัญหาทางเคมีที่
ต้องนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร
-นักเรียนสามารถดำเนินตามกระบวนการวางแผนในการแก้โจทย์
ปัญหา เพื่อหาคำตอบได้หรือไม่ อย่างไร

1.4) การตรวจสอบและสรุป

-นักเรียนสามารถตรวจสอบและสรุปเนื้อหาที่เรียนได้หรือไม่ อย่างไร

1.5) วิธีการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม

-นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส

-นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรปรับปรุงหรือพัฒนาในส่วนใดบ้าง

2) สร้างแบบสัมภาษณ์นักเรียนตามขอบเขตที่ได้ทำการกำหนดไว้

3) นำแบบสัมภาษณ์เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบโดยปรับแก้ลักษณะคำถามให้มีความสอดคล้องกับขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอส

4) นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญชุดเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้

ตรวจสอบคุณภาพของแบบสัมภาษณ์ โดยใช้เกณฑ์ของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) เป็นแบบประเมินมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ มีเกณฑ์คุณภาพของสัมภาษณ์ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของแบบสัมภาษณ์ ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นสัมภาษณ์ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ซึ่งผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าเฉลี่ยรายข้อของแบบสัมภาษณ์อยู่ระหว่าง 4.20-4.40 และค่าเฉลี่ยรวมทุกข้อมีค่าเท่ากับ 4.33 เมื่อนำไปเทียบกับเกณฑ์การประเมินพบว่าแบบสัมภาษณ์มีคุณภาพอยู่ในระดับมีความเหมาะสมมาก (ภาคผนวก ข)

5) นำแบบสัมภาษณ์มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านโดยเพิ่มการระบุชื่อแบบสัมภาษณ์ และปรับคำถามให้ถามตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเด็นคำถามจะได้ไม่กว้างจนเกินไป นักเรียนจะสามารถให้ข้อมูลได้ตรงตามความต้องการของนักวิจัยได้ แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง

6) นำแบบสัมภาษณ์นักเรียนที่ปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์และนำไปใช้ในการสัมภาษณ์นักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายในชั้นเรียนต่อไป

การเก็บรวบรวมข้อมูล

รูปแบบการวิจัยในงานวิจัยชิ้นนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) มีด้วยกัน 4 ขั้นตอน (Kemmis and McTaggart. 1988) คือ ขั้นวางแผน ขั้นปฏิบัติ ขั้นสังเกต และขั้นสะท้อนผล และงานวิจัยชิ้นนี้มีวงรอบการปฏิบัติการ 3 วงรอบ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

วงรอบที่ 1

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

- 1) ศึกษาคู่มือที่เลี้ยงและหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ถึงเนื้อหาและกลุ่มนักเรียนที่น่าจะเป็นเป้าหมายของการเกิดปัญหามากที่สุด คือพื้นฐานของนักเรียนที่มีมาตั้งแต่มัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเทอมแรก ผู้วิจัยจึงเลือกกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งเป็นห้องเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
- 2) เข้าสังเกตชั้นเรียน ในแง่ของบริบทชั้นเรียน และการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย
- 3) นำเครื่องมือแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ไปทดลองกับนักเรียนเพื่อหาปัญหาและยืนยันปัญหาที่แท้จริง
- 4) นำปัญหาในชั้นเรียนมาวิเคราะห์ และหาวิธีการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมต่อบริบทของชั้นเรียน และผู้วิจัยได้เลือกการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอพอีเอส มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียน
- 5) ศึกษาจุดประสงค์ หลักสูตร กิจกรรม และเนื้อหาที่จะนำไปเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 2 ซึ่งอยู่ในการจัดการเรียนการสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565
- 6) วางแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ และจัดทำแผนการเรียนรู้ตามตารางวิเคราะห์หน่วยและต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และหลักสูตรที่ทางโรงเรียนตั้งไว้ ซึ่งแผนการศึกษามีทั้งหมด 3 แผน ดังนี้
 - แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี
 - แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมการเคมี
 - แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง มวลของสารในสมการเคมี
- 7) นำแผนการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อรับคำแนะนำ และแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น
- 8) แก้ไขแผนตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำแผนการเรียนรู้ฉบับจริง เพื่อนำไปใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้ว
ไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observation)

สังเกตชั้นเรียนและประเมินนักเรียนในกิจกรรมการแก้ปัญหา ทั้งการหาคำตอบ และ
การมีส่วนร่วมในการหาคำตอบ การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และบันทึกผล

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflection)

1) นำเครื่องมือสะท้อนผล แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ท้ายวงรอบ
ที่ 1 จำนวน 6 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปวัดผลการจัดการเรียนรู้กับนักเรียน

2) ตรวจสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน พร้อมทั้งให้
คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แบบสัมภาษณ์ มาอภิปราย วิเคราะห์หา
ปัญหา ที่ทำให้นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์เพื่อเป็นปัญหาที่จะนำไปสู่การวางแผนออกแบบการ
จัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 2 ต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วงรอบที่ 2

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

1) นำปัญหาที่เกิดจากขั้นสะท้อนผลในวงรอบที่ 1 มาเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาใน
วงรอบที่ 2

2) ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้จากวงรอบที่ 1 ตามแนวทางการแก้ไขที่เขียนขึ้น

3) วางแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ และจัดทำ

แผนการเรียนรู้ตามตารางวิเคราะห์หน่วยและต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และหลักสูตรที่
ทางโรงเรียนตั้งไว้ ซึ่งแผนการเรียนรู้มีทั้งหมด 3 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น

ของสารละลาย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส

4) นำแผนการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อรับคำแนะนำ
และแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

5) แก้ไขแผนตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำ
แผนการเรียนรู้ฉบับจริง เพื่อนำไปใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observation)

สังเกตชั้นเรียน กิจกรรมการลงมือทำร่วมกัน และประเมินนักเรียนในกิจกรรมการแก้ปัญหา ทั้งการหาคำตอบ และการมีส่วนร่วมในการหาคำตอบ การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และบันทึกผล

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflection)

1) นำเครื่องมือสะท้อนผล แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ทำวงรอบที่ 2 จำนวน 6 ข้อ ไปวัดผลการจัดการเรียนรู้กับนักเรียน

2) ตรวจสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน พร้อมทั้งให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แบบสัมภาษณ์ มาอภิปราย วิเคราะห์หาปัญหา ที่ทำให้นักเรียนมีคะแนนไม่ผ่านเกณฑ์เพื่อเป็นปัญหาที่จะนำไปสู่การวางแผนออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 3 ต่อไปให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

วงรอบที่ 3

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Planning)

1) นำปัญหาที่เกิดจากขั้นสะท้อนผลในวงรอบที่ 2 มาเป็นแนวทางแก้ไขปัญหาในวงรอบที่ 3

2) ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้จากวงรอบที่ 2 ตามแนวทางการแก้ไขที่เขียนขึ้น

3) วางแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ และจัดทำแผนการเรียนรู้ตามตารางวิเคราะห์หน่วยและต้องสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และหลักสูตรที่ทางโรงเรียนตั้งไว้ ซึ่งแผนการเรียนรู้มีทั้งหมด 3 แผน ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีหลายขั้นตอน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีหลายขั้นตอน 2

4) นำแผนการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อรับคำแนะนำ และแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้มีความสอดคล้องและเหมาะสมมากยิ่งขึ้น

5) แก้ไขแผนตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ และจัดทำแผนการเรียนรู้ฉบับจริง เพื่อนำไปใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นปฏิบัติ (Action)

นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการแก้ไขจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญแล้ว ไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observation)

สังเกตชั้นเรียน กิจกรรมการลงมือทำร่วมกัน และประเมินนักเรียนในกิจกรรมการแก้ปัญหา ทั้งการหาคำตอบ และการมีส่วนร่วมในการหาคำตอบ การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และบันทึกผล

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflection)

1) นำเครื่องมือสะท้อนผล แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ทำยวงรอบที่ 3 จำนวน 6 ข้อ ไปวัดผลการจัดการเรียนรู้กับนักเรียน

2) ตรวจสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน พร้อมทั้งให้คะแนนตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น

3) นำผลการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส จากการสังเกต แบบสัมภาษณ์ และแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มาอภิปราย วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติจากขั้นตอนทั้งหมด 3 วงรอบปฏิบัติการ

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ จะวิเคราะห์จากผลจากการใช้เครื่องมือในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส โดยประเมินจากคำตอบของนักเรียน แบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน และแบบบันทึกหลังการสอนของครูในแต่ละคาบเรียน ว่ามีปัญหาในการเรียนรู้ของนักเรียนหรือไม่ ถ้ามีควรแก้ไขปัญหานั้นด้วยวิธีใด และปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้ดีขึ้นในแผนถัดไป เสนอผลการวิเคราะห์เกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้การแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละวงรอบการวิจัย ดังนี้

- 1) ผลการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1
- 2) การปรับปรุงการเรียนการสอน
- 3) ผลการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2
- 4) การปรับปรุงการเรียนการสอน
- 5) ผลการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ จะวิเคราะห์จากผลจากการใช้เครื่องมือในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส โดยการนำข้อมูลมาจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา มาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำเสนอผลการวิเคราะห์โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

1) การหาความเที่ยงตรงของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้สูตร ดัชนีความสอดคล้อง IOC ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี 2549)

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้อง

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

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

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

เมื่อ D แทน อำนาจจำแนก

S_U แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ ซึ่งมีจำนวนเท่ากันคือ 25% ของจำนวนผู้สอบทั้งหมด

X_{max} แทน คะแนนสูงสุด

X_{min} แทน คะแนนต่ำสุด

3) ค่าความยาก (P) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 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 ซึ่งมีจำนวนเท่ากันคือ 25% ของจำนวนผู้สอบทั้งหมด
 X_{max} แทน คะแนนสูงสุด
 X_{min} แทน คะแนนต่ำสุด

4) การหาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach Alpha Procedure) (Cronbach, 1951) หาค่าความเชื่อมั่นในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) (สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์, 2547) โดยใช้สูตร ดังนี้

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

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n แทน จำนวนข้อคำถามหรือข้อสอบ
 S_i^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบเป็นรายข้อ
 S_t^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนแบบทดสอบทั้งฉบับ

5) การพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสัมภาษณ์ โดยใช้เกณฑ์ของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2556) เป็นแบบประเมินมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

2. สถิติพื้นฐาน

1) ร้อยละ (percentage) สามารถหาจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ P คือ ร้อยละ

f คือ ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

n คือ จำนวนความถี่ทั้งหมด

2) ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) สามารถหาจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมดในกลุ่ม

N คือ จำนวนคะแนนในกลุ่ม

3) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) สามารถหาจากสูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ SD. คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ ค่าของข้อมูล

n คือ จำนวนข้อมูล

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส มีกลุ่มเป้าหมายจำนวน 29 คน โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอสให้มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนโรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร อำเภอยางตลาด จังหวัดกาฬสินธุ์ รูปแบบการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ได้ทำการเก็บข้อมูลทั้งหมด 4 ครั้ง คือ ก่อนเรียน 1 ครั้ง และในระหว่างเรียน 3 ครั้ง ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลตามลำดับดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลให้ถูกต้อง ตลอดจนการสื่อความหมายข้อมูลที่ตรงกัน ดังนี้

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย

\bar{X} แทน ค่าเฉลี่ย

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

จากการดำเนินการตามขั้นตอนในการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เป็นจำนวน 3 วงรอบปฏิบัติการ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวของกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นดังนี้

ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 29 คน โดยวงรอบปฏิบัติการที่ 1 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 แบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีวงรอบปฏิบัติการละ 6 ข้อ คะแนนเต็มข้อละ 8 คะแนน การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้โดยวงรอบปฏิบัติการที่ 1 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 สรุปจำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ เป็นไปดังตาราง 8

ตารางที่ 8 จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีแบ่งตามเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

	จำนวนนักเรียน (คน)		จำนวนนักเรียนคิดเป็น ร้อยละของนักเรียนทั้งหมด	
	ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70	ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70	ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70	ไม่ผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70
วงรอบปฏิบัติการที่ 1	11	18	37.93	62.07
วงรอบปฏิบัติการที่ 2	24	5	82.76	17.24
วงรอบปฏิบัติการที่ 3	29	0	100.00	0.00

จากตาราง 8 แสดงจำนวนนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 29 คน หลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แต่ละวงรอบปฏิบัติการ พบว่า โดยหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 พบว่ามีนักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 37.93 ของนักเรียนทั้งหมด และหลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนที่มีคะแนนผ่านเกณฑ์

มีจำนวนเพิ่มขึ้นเป็น 24 คน คิดเป็นร้อยละ 82.76 ของนักเรียนทั้งหมด จนเมื่อหลังเสร็จสิ้นกิจกรรม ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนทั้งหมด 29 คนมีคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนน เต็ม คิดเป็นร้อยละ 100.00 ของนักเรียนทั้งหมด

การวิเคราะห์ให้นักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70 ในการจัดการเรียนรู้โดยวงรอบปฏิบัติการที่ 1 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 แสดงในตาราง 9

ตารางที่ 9 คะแนนเฉลี่ยความสามารถการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 29 คน ในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

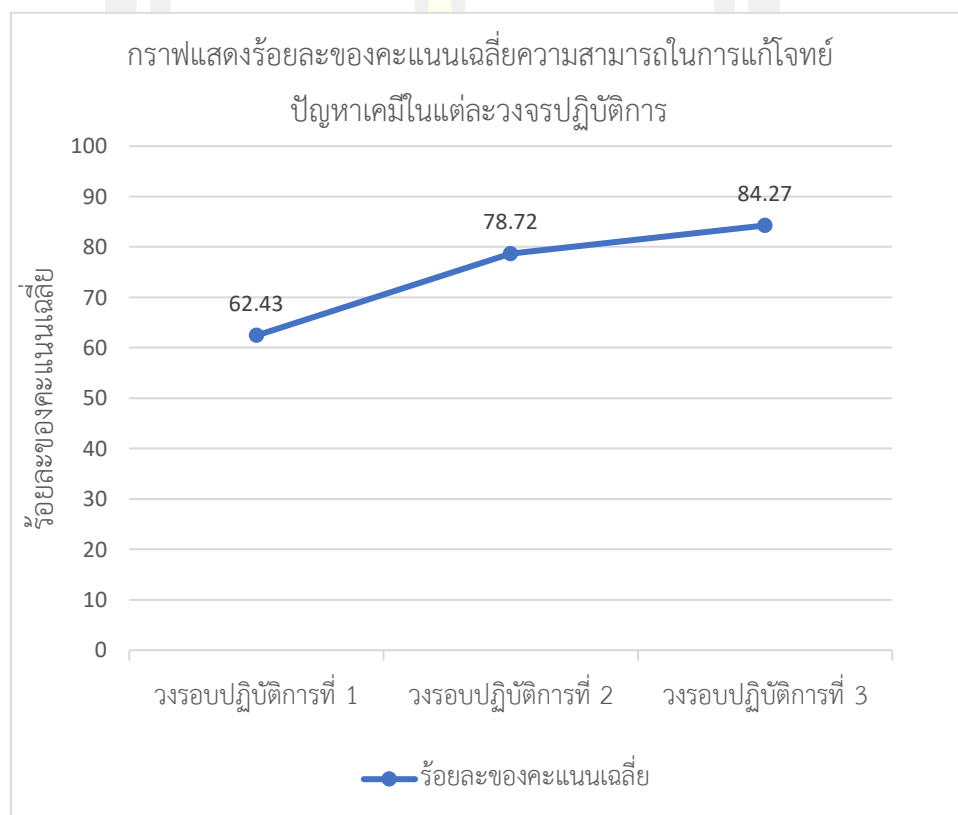
เลขที่	วงรอบปฏิบัติการที่ 1			วงรอบปฏิบัติการที่ 2			วงรอบปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนน เต็ม (48)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)	คะแนน เต็ม (48)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)	คะแนน เต็ม (48)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
1	11	22.92	ไม่ผ่าน	32	66.67	ไม่ผ่าน	43	89.58	ผ่าน
2	40	83.33	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน
3	24	50.00	ไม่ผ่าน	37	77.08	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน
4	33	68.75	ไม่ผ่าน	42	95.45	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน
5	29	60.42	ไม่ผ่าน	40	83.33	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน
6	34	70.83	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน
7	22	45.83	ไม่ผ่าน	36	75.00	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน
8	37	77.08	ผ่าน	40	83.33	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน
9	14	29.17	ไม่ผ่าน	25	52.08	ไม่ผ่าน	36	75.00	ผ่าน
10	37	77.08	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน
11	46	95.83	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	44	91.67	ผ่าน
12	43	89.58	ผ่าน	45	93.75	ผ่าน	44	91.67	ผ่าน
13	23	47.92	ไม่ผ่าน	35	72.92	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน
14	11	22.92	ไม่ผ่าน	26	54.17	ไม่ผ่าน	38	79.17	ผ่าน
15	28	58.33	ไม่ผ่าน	42	87.50	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน

ตาราง 9 (ต่อ)

เลขที่	วงรอบปฏิบัติการที่ 1			วงรอบปฏิบัติการที่ 2			วงรอบปฏิบัติการที่ 3		
	คะแนน เต็ม (48)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)	คะแนน เต็ม (48)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)	คะแนน เต็ม (48)	ร้อยละ	ผลการ ประเมิน (เกณฑ์ ร้อยละ 70)
16	31	64.58	ไม่ผ่าน	39	81.25	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน
17	30	62.50	ไม่ผ่าน	44	91.67	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน
18	27	56.25	ไม่ผ่าน	36	75.00	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน
19	28	58.33	ไม่ผ่าน	33	68.75	ไม่ผ่าน	45	93.75	ผ่าน
20	35	72.92	ผ่าน	40	83.33	ผ่าน	43	89.58	ผ่าน
21	34	70.83	ผ่าน	37	77.08	ผ่าน	40	77.08	ผ่าน
22	34	70.83	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน	40	77.08	ผ่าน
23	26	54.17	ไม่ผ่าน	35	72.92	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน
24	44	91.67	ผ่าน	40	83.33	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน
25	29	60.42	ไม่ผ่าน	40	83.33	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน
26	18	37.50	ไม่ผ่าน	32	66.67	ไม่ผ่าน	42	87.50	ผ่าน
27	29	60.42	ไม่ผ่าน	43	89.58	ผ่าน	41	85.42	ผ่าน
28	32	66.67	ไม่ผ่าน	38	79.17	ผ่าน	42	87.50	ผ่าน
29	40	83.33	ผ่าน	38	79.17	ผ่าน	39	81.25	ผ่าน
\bar{x}	29.97	62.43	-	37.66	78.72	-	40.66	84.27	-
จำนวนนักเรียนที่ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70			11	24			29		
คิดเป็นร้อยละของนักเรียน ที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70			37.93	82.76			100.00		

จากตาราง 9 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 29 คน พบว่าในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 62.43 วงรอบปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 78.72 และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนมีคะแนนคิดเป็นร้อยละ 84.27

จากตาราง 9 เมื่อเขียนกราฟแสดงร้อยละของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีแสดงดังรูป 3



รูปที่ 3 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ

จากรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีเพิ่มมากขึ้นในแต่ละวงรอบปฏิบัติการ โดยในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 มีคะแนนมากที่สุด

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนในแต่ละวงรอบ ปฏิบัติการ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ให้บรรลุผลตามวัตถุประสงค์ได้ใน 3 วงรอบ ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ ข้อมูลดังนี้

1. วงรอบปฏิบัติการที่ 1

1) ผลคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ท้ายวงรอบปฏิบัติการที่ 1

การจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้จากวงรอบปฏิบัติการที่ 1 เป็นการจัดการจัดการเรียนรู้แบบแบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ประกอบไปด้วย 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมการเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง มวลของสารในสมการเคมี

หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีรายบุคคล โดยใช้แบบทดสอบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 48 คะแนน ผลคะแนนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 29 คน โดยผลคะแนนจะแสดงในตาราง 10

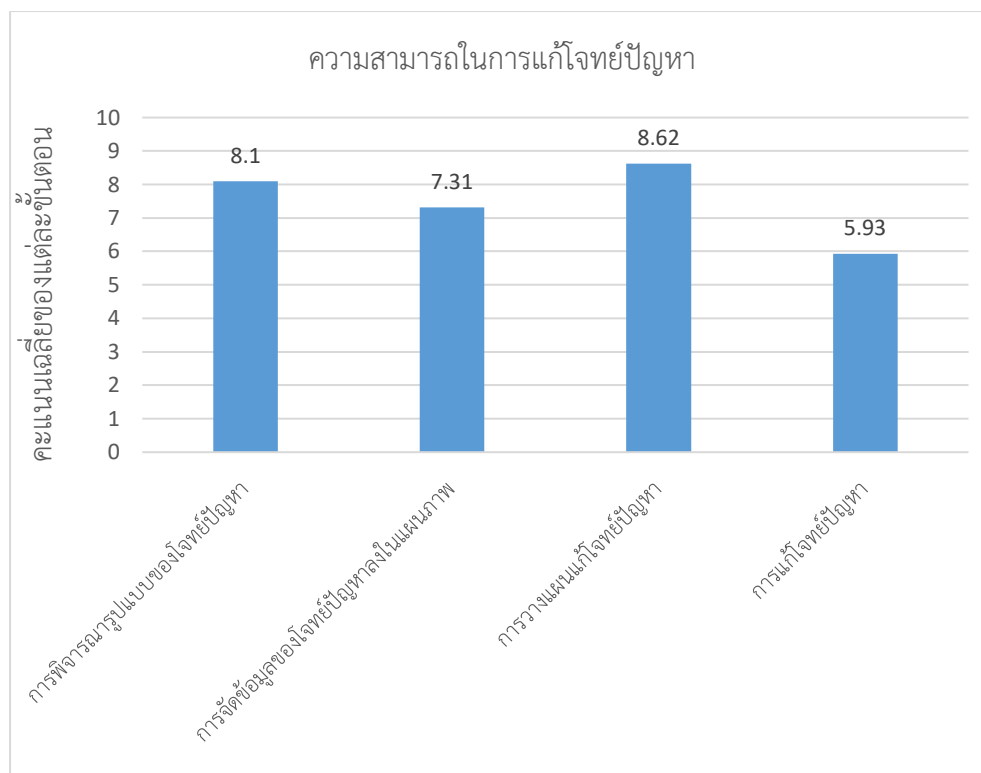
ตารางที่ 10 ผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ทำยวงรอบปฏิบัติการที่ 1 (n=29)

คนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา				รวม 48 คะแนน	ร้อยละ	ผ่าน เกณฑ์ ร้อยละ 70
	การพิจารณารูปแบบของโจทย์ ปัญหา (12 คะแนน)	การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (12 คะแนน)	การวางแผนแก้โจทย์ปัญหา (12 คะแนน)	การแก้โจทย์ปัญหา (12 คะแนน)			
1	5	0	6	0	11	22.92	ไม่ผ่าน
2	8	12	12	8	40	83.33	ผ่าน
3	8	6	6	4	24	50.00	ไม่ผ่าน
4	11	8	8	6	33	68.75	ไม่ผ่าน
5	7	4	10	8	29	60.42	ไม่ผ่าน
6	3	8	11	12	34	70.83	ผ่าน
7	10	4	6	2	22	45.83	ไม่ผ่าน
8	8	10	8	11	37	77.08	ผ่าน
9	6	0	6	2	14	29.17	ไม่ผ่าน
10	6	8	12	11	37	77.08	ผ่าน
11	11	11	12	12	46	95.83	ผ่าน
12	9	10	12	12	43	89.58	ผ่าน
13	8	8	7	0	23	47.92	ไม่ผ่าน
14	5	2	4	0	11	22.92	ไม่ผ่าน
15	10	6	10	2	28	58.33	ไม่ผ่าน
16	6	10	4	11	31	64.58	ไม่ผ่าน
17	8	12	6	4	30	62.50	ไม่ผ่าน
18	7	4	8	8	27	56.25	ไม่ผ่าน
19	10	6	6	6	28	58.33	ไม่ผ่าน
20	9	9	6	11	35	72.92	ผ่าน

ตาราง 10 (ต่อ)

คนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา				รวม 48 คะแนน	ร้อยละ	ผ่าน เกณฑ์ ร้อยละ 70
	การพิจารณารูปแบบของโจทย์ ปัญหา (12 คะแนน)	การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (12 คะแนน)	การวางแผนแก้โจทย์ปัญหา (12 คะแนน)	การแก้โจทย์ปัญหา (12 คะแนน)			
21	10	8	11	5	34	70.83	ผ่าน
22	10	12	11	1	34	70.83	ผ่าน
23	11	4	6	5	26	54.17	ไม่ผ่าน
24	9	12	12	11	44	91.67	ผ่าน
25	10	5	8	6	29	60.42	ไม่ผ่าน
26	8	4	6	0	18	37.50	ไม่ผ่าน
27	8	7	12	2	29	60.42	ไม่ผ่าน
28	7	10	12	3	32	66.67	ไม่ผ่าน
29	7	12	12	9	40	83.33	ผ่าน
\bar{x}	8.10	7.31	8.62	5.93	29.97	62.43	
SD	2.01	3.58	2.81	4.25	9.09		

จากตาราง 10 แสดงผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 โดยมีกลุ่มเป้าหมาย 29 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 11 คนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของจำนวนเต็ม และมีนักเรียนจำนวน 18 คน ได้คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 29.97 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 9.09 เมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอส ทั้งหมด 4 ขั้นตอน แสดงในรูป 4 ดังนี้



รูปที่ 4 คะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสของนักเรียนใน
วงรอบปฏิบัติการที่ 1

จากรูป 4 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอส ทั้งหมด 4 ขั้นตอน พบว่าขั้นการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 8.62 คะแนน ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถบอกหลักการ ทฤษฎี สูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ แต่นักเรียนบางคนยังเขียนขั้นตอนการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาไม่ครบถ้วนจึงทำให้ได้คะแนนในขั้นนี้สูงสุดแต่ยังไม่เต็ม และคะแนนเฉลี่ยอันดับสองคือขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา เท่ากับ 8.10 คะแนน ซึ่งพบว่านักเรียนสามารถบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบจากสถานการณ์ได้แต่ยังมีนักเรียนบางคนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ครบถ้วนเนื่องจากยังไม่สังเกตเห็นความสำคัญของข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ คะแนนเฉลี่ยอันดับสามคือขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ เท่ากับ 7.31 ซึ่งพบว่านักเรียนบางคนยังมองสิ่งที่โจทย์ให้มาเป็นภาพไม่ออกและเกิดความสับสนในการเขียนแผนภาพเนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับการได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีการเน้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ส่วนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด เท่ากับ 5.93 ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนมากยังขาดทักษะการคิดคำนวณ เช่น การแก้สมการตัวแปรเดียว ส่งผลให้ในขั้นการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบไม่ถูกต้อง และเนื่องจากนักเรียนใช้เวลาในการเขียนขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสทั้งสามขั้นข้างต้นนานจึงทำให้เวลาในการแก้โจทย์ปัญหาไม่เพียงพอสำหรับการคิดคำนวณจึงเป็นผลทำให้คะแนนในขั้นนี้ต่ำที่สุด

2) ผลการสังเกตพฤติกรรมกรรมการแสดงถึงการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมกรรมการแสดงออกถึงการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น การแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา การแก้โจทย์ปัญหา และการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะการจัดการเรียนรู้ของวงรอบปฏิบัติการที่ 1 พบว่านักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาปัญหาทางเคมีที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีพฤติกรรมแสดงถึงการแก้โจทย์ปัญหาดังต่อไปนี้

2.1 ด้านการแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเลย จะมีนักเรียนเพียงส่วนน้อยที่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเพียง 1-2 ครั้งเท่านั้น โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 4 พบว่า มีนักเรียนที่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเพียง 2 คนเท่านั้น จากสมาชิกทั้งหมด 5 คน สมาชิกในกลุ่มที่จะเหลือคอยนั่งมองเพื่อนทำกิจกรรมในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนกลุ่มที่ 5 และ 6 พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีนักเรียนที่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเพียง 1 คนเท่านั้น จากสมาชิกทั้งหมด 5 คน สมาชิกในกลุ่มที่จะเหลือคอยนั่งมองเพื่อนทำกิจกรรมในการแก้โจทย์ปัญหา

2.2 ด้านการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้เพียงบางส่วนเท่านั้น แต่จะมีนักเรียนอีกบางส่วนที่ไม่สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้เลย โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 2 และ 4 พบว่า นักเรียนสองกลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสในขั้นที่ 1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา และในขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้แต่นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ และขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหาได้เลย

นักเรียนกลุ่มที่ 3 พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสในขั้นที่ 1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ และในขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้แต่นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาใน และขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหาได้เลย

นักเรียนกลุ่มที่ 5 พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสในขั้นที่ 1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหาได้แต่นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาใน ขั้นที่ 2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ในขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา และขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหาได้เลย

นักเรียนกลุ่มที่ 6 พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้ไม่สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้เลย ครูจึงเข้าไปช่วยอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละขั้นให้กลุ่มนี้ฟังอีกครั้ง

2.3 ด้านการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหา พบว่านักเรียนส่วนมากไม่ได้ตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา สูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้เลย โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 2 และ 4 พบว่า นักเรียนสองกลุ่มนี้เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอพโอพีเอสได้เพียงบางขั้นตอน ทำให้ยังไม่ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาและได้ตรวจสอบเพียงสูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา แต่ไม่ได้ทำการตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา และคำตอบที่ได้เลย

นักเรียนกลุ่มที่ 3 5 และ 6 พบว่า นักเรียนสามกลุ่มนี้เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอพโอพีเอสได้เพียงบางขั้นตอน ทำให้ยังไม่ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาและไม่ได้ตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา สูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้เลย

จากผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยภาพรวม จะเห็นว่านักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาคือนักเรียนสามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้เพียงบางส่วนเท่านั้นเนื่องจากยังขาดทักษะการคิดคำนวณ มีนักเรียนส่วนใหญ่ที่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาบ้างบางครั้งและยังมีนักเรียนอีกบางส่วนที่ไม่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเลย และนักเรียนไม่มีการตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้เลย โดยภาพรวมจากการสังเกตจึงพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีปัญหาเรื่องความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ประกอบกับแบบสังเกตพฤติกรรม ผู้วิจัยพบว่านักเรียนอยู่จำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 62.07 ของนักเรียนทั้งหมด ที่มีคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมียังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยจึงได้สอบถามนักเรียนทั้งกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์และกลุ่มที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อทราบถึงหลักการคิด ปัญหาที่ยังเหลืออยู่และหาแนวทางแก้ไขต่อไป

3) ผลการสัมภาษณ์นักเรียนจากแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนที่มีคะแนน จากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงกว่าร้อยละ 70 และต่ำกว่าร้อยละ 70 และได้ถอด คำพูดของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียดและแยกข้อมูลออกเป็นส่วนตัวเพื่อนำปัญหาและ ข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ผลที่ได้แสดงดังนี้

3.1 ด้านการกำหนดขอบเขตของปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถกำหนดขอบเขต ของปัญหาได้ อ่านโจทย์แล้วสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ ยังไม่สามารถกำหนดขอบเขตของปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่งที่โจทย์ให้มากับตัว แปรที่ต้องการหาได้ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“กำหนดขอบเขตของปัญหาได้ครับ เพราะมีความเข้าใจในโจทย์ปัญหาที่ครูกำหนดให้”

(นักเรียนคนที่ 2 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.08 : การสัมภาษณ์)

“สามารถกำหนดขอบเขตของปัญหาได้ค่ะ เพราะว่าโจทย์ไม่ได้ซับซ้อน”

(นักเรียนคนที่ 24 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.42 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“กำหนดขอบเขตของปัญหาไม่ได้ครับ เพราะไม่เข้าใจว่าสิ่งที่โจทย์ให้มาควรจะต้องหาอะไร”

(นักเรียนคนที่ 7 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

“สถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ค่อนข้างที่จะเข้าใจยากนิดนึง

เป็นเพราะหนูอ่านโจทย์ไม่แตกเอง”

(นักเรียนคนที่ 23 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.41 : การสัมภาษณ์)

3.2 ด้านการแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจในเนื้อหา ทฤษฎี หลักการ ที่ครูอธิบาย แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ตามเนื้อหาไม่ทันเนื่องจากในขณะที่สอนครูพูด เร็วเกินไป โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ครูสอนดีมาก ๆ ค่ะ เข้าใจง่ายและเข้าถึงเนื้อหาที่เรียนค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 20 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

“ ครูสอนเร็วไปนิดนึงครับ เพื่อนบางคนหรือผมอาจจะเข้าใจไม่ทันครับ”

(นักเรียนคนที่ 6 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.45 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“จากที่ครูสอนทำให้ได้ความรู้ มีความเข้าใจในเนื้อหาที่ครูอธิบายค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 28 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.01 : การสัมภาษณ์)

“อยากให้ครูสอนช้าลงหน่อยค่ะ แบบว่าพูดช้า ๆ นิดนึงบางทีครูก็ไปเร็วเกินทำให้ไม่ค่อยเข้าใจ
ในเนื้อหาบางเรื่องที่เรียนค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 23 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.41 : การสัมภาษณ์)

3.3 ด้านการใช้ทฤษฎี หลักการ (ใช้กลยุทธ์เอฟพีเอส (FOPS Strategy) ในการแก้โจทย์
ปัญหา พบว่า นักเรียนไม่คุ้นเคยกับการแก้โจทย์ปัญหาที่มีหลายขั้นตอน ซึ่งกลยุทธ์ที่ครูได้กำหนดให้ใน
การแก้โจทย์ปัญหามีขั้นตอนที่เยอะกว่าปกติที่เคยเรียน ซึ่งปกตินักเรียนจะคุ้นเคยกับการแก้โจทย์
ปัญหาที่เมื่อรู้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้ แล้วเลือกสมการหรือสูตรที่จะใช้ในการคำนวณแล้วแสดง
วิธีการหาคำตอบ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“แก้โจทย์ปัญหาได้แต่วิธีทำซับซ้อนครับ”

(นักเรียนคนที่ 2 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.08 : การสัมภาษณ์)

3.3.1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถ
ระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการหาได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังไม่สามารถระบุได้
เนื่องจากนักเรียนไม่ตระหนักถึงความสำคัญในข้อมูลที่กำหนดให้ และไม่รู้ว่าข้อมูลไหนที่จำเป็นต้องใช้
ในการคำนวณเพื่อที่จะได้มาซึ่งคำตอบ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“สามารถบอกสิ่งที่โจทย์ต้องการหาได้ค่ะ ซึ่งหนูดูจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้”

(นักเรียนคนที่ 24 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.42 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ไม่รู้ว่าจะเขียนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ตัวไหนบ้าง เพราะไม่รู้ว่าข้อมูลไหนที่จะได้ใช้
ในการคำนวณค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 26 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.07 : การสัมภาษณ์)

“ผมอาจจะบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ไม่ครบ เพราะคิดว่าข้อมูลบางตัวอาจจะไม่ได้ใช้ครับ”

(นักเรียนคนที่ 7 วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

3.3.2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่
สามารถจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถนำข้อมูลที่
โจทย์ให้มาจัดลงในแผนภาพได้เนื่องจากมองสิ่งที่โจทย์ให้มาเป็นภาพไม่ออก และเกิดความสับสนใน
การเขียนแผนภาพ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“นำข้อมูลมาทำเป็นแผนภาพได้ค่ะ เพราะว่าการทำแผนภาพจะทำให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 24 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.42 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“นำข้อมูลมาทำเป็นแผนภาพไม่ได้ครับ เนื่องจากไม่รู้ว่าจะเขียนเป็นแผนภาพยังไง”

(นักเรียนคนที่ 7 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

3.3.3 ขั้นการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาได้ เนื่องจากสับสน และไม่รู้ว่าควรจะใช้สูตรหรือแนวคิดไหนมาใช้ในการคำนวณ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“สามารถวางแผนและเขียนสูตรต่าง ๆ ได้ครับ”

(นักเรียนคนที่ 2 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.08 : การสัมภาษณ์)

“สามารถเขียนสูตรต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาตามครูกำหนดให้ได้ค่ะ”

(นักเรียนที่ 20 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“เขียนสูตรไม่ได้ค่ะ เนื่องจากไม่รู้ว่าควรจะใช้แนวคิดไหน อาจจะเป็นเพราะ

หนูไม่รู้ว่าสิ่งที่โจทย์ให้มาคือตัวแปรอะไรค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 23 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

3.3.4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ยังแก้โจทย์ปัญหาไม่ได้ เนื่องจากยังขาดทักษะการคิดคำนวณ เช่น การแก้สมการตัวแปรเดียว การบวก การลบ การคูณ และการหารเลข ส่งผลให้ในขั้นการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหาคำตอบไม่ถูกต้อง และเนื่องจากระยะเวลาในการทำกิจกรรมไม่เพียงพอสำหรับการคิดคำนวณ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“สามารถคำนวณตามกระบวนการที่วางแผนไว้ได้ครับ”

(นักเรียนคนที่ 2 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.08 : การสัมภาษณ์)

“คำนวณได้ค่ะ เพราะว่าหนูคำนวณโจทย์ได้แม่น5555”

(นักเรียนคนที่ 24 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.42 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“แก้โจทย์ปัญหาไม่ทัน อยากให้ครูใช้เวลาเพิ่มครับ”

(นักเรียนคนที่ 7 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

“แก้โจทย์ปัญหาได้บ้าง แต่ยังไม่แม่นในการแก้สมการ และการย้ายข้างค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 25 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.41 : การสัมภาษณ์)

3.4 ด้านการตรวจสอบและสรุป พบว่า นักเรียนส่วนมากสามารถตรวจสอบและสรุปเนื้อหาที่เรียนได้แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถตรวจสอบวิธีการ สูตรที่ใช้และคำตอบที่ได้ เนื่องจากขาดทักษะการคำนวณ ไม่มีประสบการณ์การตรวจสอบผลในโจทย์ในวิชาเคมี โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ ตรวจสอบและสรุปได้ค่ะ เพราะว่าเข้าใจในเนื้อหาที่เรียน”

(นักเรียนคนที่ 24 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.42 : การสัมภาษณ์)

“สามารถตรวจสอบได้ครับ”

(นักเรียนคนที่ 6 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.45 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ไม่ตรวจเคยตรวจสอบคำตอบมาก่อน เลยไม่มั่นใจว่าที่ตรวจสอบจะถูกต้องหรือเปล่านั้น”

(นักเรียนคนที่ 23 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.41 : การสัมภาษณ์)

“ไม่รู้ว่าต้องตรวจสอบยังไงครับ”

(นักเรียนคนที่ 7 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

3.5 ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม พบว่า นักเรียนกระตือรือร้นในการเข้าร่วมการจัดการเรียนรู้ แต่นักเรียนไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอความคิดของตนเองหน้าชั้นเรียน โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ก็ดีค่ะ ได้ใช้ความคิดเห็นร่วมกันในกลุ่ม และได้แบ่งคำตอบออกเป็นส่วน ๆ ตามขั้นตอนที่แก้ปัญหาค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 20 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

“สำหรับหนูคิดว่าครูสอนดีมากค่ะ มีกิจกรรม แบบทดสอบต่าง ๆ ให้ทำเพิ่มความเข้าใจได้ดีมากค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 24 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.42 : การสัมภาษณ์)

“หนูไม่กล้าอธิบายขั้นตอนการแก้โจทย์ให้เพื่อนฟังหน้าห้องค่ะกลัวทำผิด”

(นักเรียนคนที่ 21 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.07 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“รู้สึกว่ายากเข้าใจง่ายและมีการเจาะจงเนื้อหาได้ลึกค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 25 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.41 : การสัมภาษณ์)

“รู้สึกอายนและไม่มั่นใจในการนำเสนอหน้าห้องเรียนครับ”

(นักเรียนคนที่ 7 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสัมภาษณ์นักเรียนประกอบกัน สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ไดว่านักเรียนจำนวน 18 คน ยังมีปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหา โดยจะนำไปเป็นปัญหาในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 2

ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาและหาแนวทางเพื่อแก้ไขและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ต่อไป ได้ผลแสดงดังตาราง 11

ตารางที่ 11 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาในวงรอบปฏิบัติการที่ 2

ปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
1. นักเรียนไม่สามารถกำหนดขอบเขตของปัญหาได้ เนื่องจากนักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงสิ่ง โจทย์ให้มา กับตัวแปรที่ต้องการหาได้	ครูอธิบายให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญของ ข้อมูลในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และอธิบาย ความเชื่อมโยงของตัวแปรแต่ละตัวในสูตรเพื่อให้ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่โจทย์ให้มา และ ขอบเขตที่ต้องการหาได้
2. นักเรียนตามเนื้อหาไม่ทันเนื่องจากในขณะที่ สอนครูพูดเร็วเกินไป	ครูพูดให้ช้าลง แจ้งกับนักเรียนว่า ถ้าครูพูดเร็วให้ นักเรียนแจ้งครูได้ทันที เพิ่มเวลาให้นักเรียนได้คิด และอธิบายซ้ำอีกครั้งเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย
3. นักเรียนไม่คุ้นเคยกับการแก้โจทย์ปัญหาที่มี หลายขั้นตอน ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส 4 ขั้นตอน	ครูอธิบายขั้นตอนกลวิธีเอฟโอพีเอส 4 ขั้นตอนอีกครั้งพร้อมทั้งลงรายละเอียดว่าแต่ละขั้นนักเรียน จะต้องทำอะไรบ้าง และให้ลองทำไปพร้อม ๆ กันในแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา

ตาราง 11 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
4. นักเรียนไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการหาได้ เนื่องจากนักเรียนไม่ตระหนักถึงความสำคัญในข้อมูลที่กำหนดให้ และไม่รู้ว่าจะข้อมูลไหนที่จำเป็นต้องใช้ในการคำนวณ เพื่อที่จะได้มาซึ่งคำตอบ	ครูสร้างความตระหนักของนักเรียนต่อ ความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ โดย ครูผู้สอนอธิบายให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญ ของข้อมูลที่กำหนดให้ นั้น ถ้าเลือกใช้ข้อมูล ถูกต้องจะนำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง
5. นักเรียนไม่สามารถนำข้อมูลที่โจทย์ให้มาจัดลงในแผนภาพได้เนื่องจากมองสิ่งที่โจทย์ให้มาเป็น ภาพไม่ออก และเกิดความสับสนในการเขียน แผนภาพ	ครูยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหา ครูจะสาธิต และอธิบายวิธีการเขียนแผนภาพขั้นต้น การ วางแผนโดยใช้แผนภาพ เพื่อให้ นักเรียนทราบถึง ภาพรวมของการจัดข้อมูลของโจทย์ ปัญหาโดยใช้แผนภาพ รูป เส้น หรือสัญลักษณ์ได้
6. นักเรียนไม่สามารถวางแผนในการแก้โจทย์ ปัญหาได้ เนื่องจากสับสน และไม่รู้ว่าจะใช้ สูตรหรือแนวคิดไหนมาใช้ในการคำนวณ	ครูยกตัวอย่างการแก้โจทย์ปัญหา ครูอธิบายการ วางแผนการแก้โจทย์ปัญหาเมื่อนำความรู้ หลักการ หรือสูตรมาประยุกต์ใช้ และอธิบาย ความเชื่อมโยงของตัวแปรแต่ละตัวในสูตรเพื่อให้ นักเรียนทราบถึงภาพรวมทั้งหมดของขั้นตอนใน การวางแผนแก้โจทย์ปัญหา
7. นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้เนื่องจาก ยังขาดทักษะการคิดคำนวณ เช่น การแก้สมการ ตัวแปรเดียว การบวก การลบ การคูณ และการหารเลข ส่งผลให้ในขั้นการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อหา คำตอบไม่ถูกต้อง และเนื่องจากระยะเวลาในการ ทำกิจกรรมไม่เพียงพอสำหรับการคิดคำนวณ	ครูสอนซ่อมเสริมนักเรียน เพื่อฝึกทักษะการ คำนวณในเรื่องการแก้สมการ และการเปลี่ยน หน่วย และครูเพิ่มเวลาในขั้นการแก้โจทย์ ปัญหา ให้นักเรียนมีเวลาคิดคำนวณได้มากขึ้น

ตาราง 11 (ต่อ)

ปัญหา	แนวทางในการแก้ไข
8. นักเรียนไม่สามารถตรวจสอบวิธีการ สูตรที่ใช้ และคำตอบที่ได้ เนื่องจากขาดทักษะการคำนวณ ไม่มีประสบการณ์การตรวจสอบผลในโจทย์ในวิชาเคมี	ครูเพิ่มการยกตัวอย่างในการตรวจสอบคำตอบ เป็นตัวอย่างให้นักเรียนได้ศึกษา ประกอบกับทำแบบฝึกหัดในโจทย์ที่มีการตรวจสอบผลที่ไม่ซับซ้อน
9. นักเรียนไม่กล้าแสดงออกในการนำเสนอ ความคิดของตนเองหน้าชั้นเรียน	ครูให้สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มนำเสนอแนวคิด ร่วมกันหน้าชั้นเรียน

2. วงรอบปฏิบัติการที่ 2

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 ได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติในวงรอบปฏิบัติที่ 1 มาปรับปรุงเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอน พุดให้ช้าลง เพิ่มเวลาให้นักเรียนได้คิดและอธิบายซ้ำอีกครั้งเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย ครูผู้สอนอธิบายให้นักเรียนทราบถึงความสำคัญของข้อมูลในสถานการณ์ที่กำหนดให้ และอธิบายความเชื่อมโยงของตัวแปรแต่ละตัวในสูตรเพื่อให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่โจทย์ให้มาและขอบเขตที่ต้องการหาได้ ครูผู้สอนอธิบายขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสทั้ง 4 ขั้นตอนอีกครั้งพร้อมทั้งลงรายละเอียดว่าแต่ละขั้นนักเรียนจะต้องทำอย่างไรบ้าง และให้ลองทำไปพร้อม ๆ กันในแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งในขั้นที่ 1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา ครูผู้สอนสร้างความตระหนักให้กับนักเรียนต่อความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ ขั้นที่ 2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ครูผู้สอนยกตัวอย่าง สานิตและอธิบายวิธีการเขียนแผนภาพขั้นต้นการวางแผน โดยใช้แผนภาพ เพื่อให้นักเรียนทราบถึงภาพรวมของการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาโดยใช้แผนภาพ รูปเส้น หรือสัญลักษณ์ ขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา แผนภาพ ครูผู้สอนยกตัวอย่าง และอธิบายการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาเมื่อนำความรู้ หลักการ หรือสูตรมาประยุกต์ใช้ และอธิบายความเชื่อมโยงของตัวแปรแต่ละตัวในสูตรเพื่อให้นักเรียนทราบถึงภาพรวมทั้งหมดของขั้นตอนในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา และขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหา ครูผู้สอนนัดสอนซ่อมเสริมนักเรียนเพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ และการเปลี่ยนหน่วย และครูเพิ่มเวลาในขั้นการแก้โจทย์ปัญหา ให้นักเรียนมีเวลาคิดคำนวณได้มากขึ้น อีกทั้งครูผู้สอนเพิ่มการยกตัวอย่างในการตรวจสอบคำตอบเป็นตัวอย่างให้นักเรียนได้ศึกษา ประกอบกับทำแบบฝึกหัดในโจทย์ที่มีการตรวจสอบผลที่ไม่ซับซ้อน และให้สมาชิกทุกคนภายในกลุ่มออกมาเฉลยใบกิจกรรมร่วมกันหน้าชั้นเรียนแทนการส่งตัวแทนในกลุ่มออกมานำเสนอคนเดียว

1) ผลคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ทำยวงรอบปฏิบัติการที่ 2

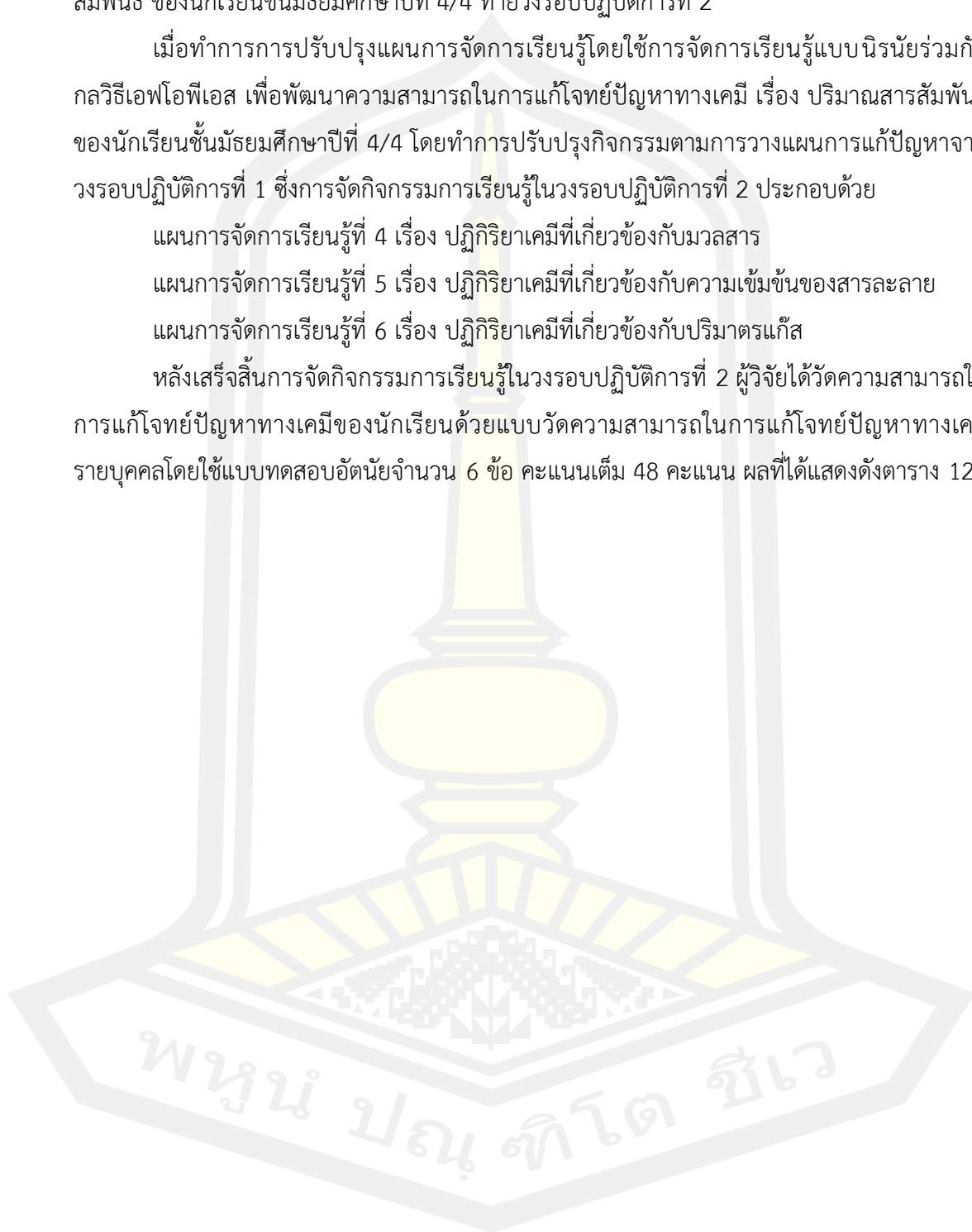
เมื่อทำการการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอพโอพีเอส เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โดยทำการปรับปรุงกิจกรรมตามการวางแผนการแก้ปัญหาจากวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส

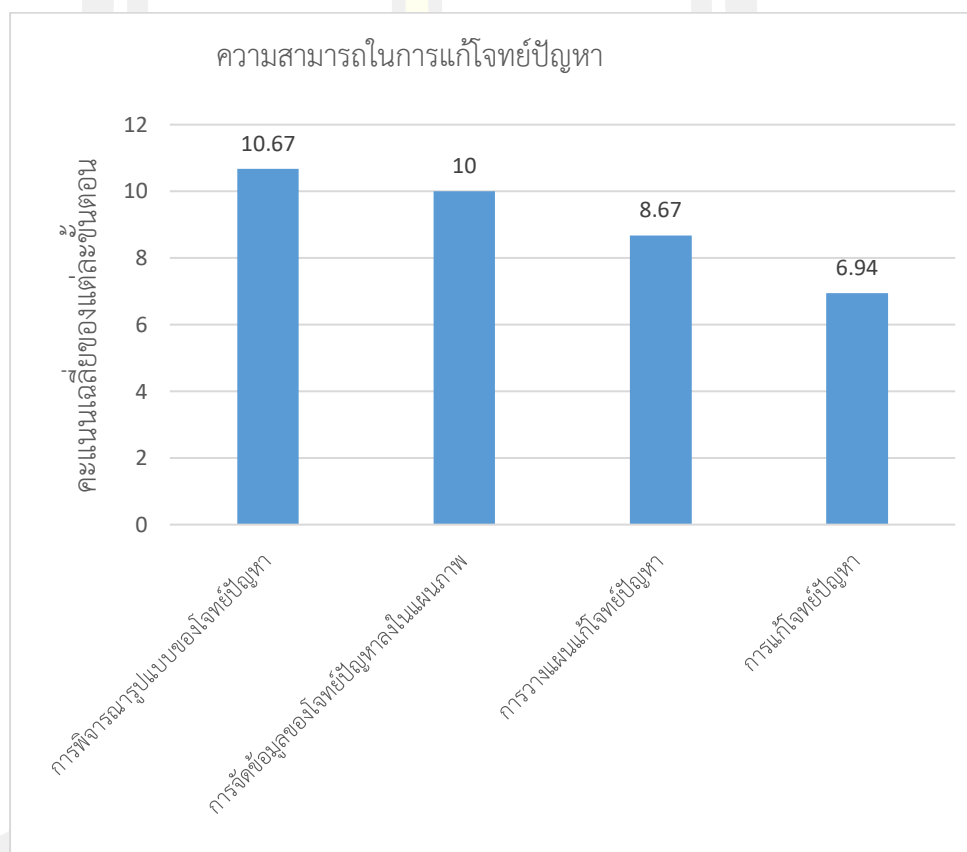
หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีรายบุคคลโดยใช้แบบทดสอบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 48 คะแนน ผลที่ได้แสดงดังตาราง 12



ตารางที่ 12 ผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ทำยวงรอบปฏิบัติการที่ 2 (n=18)

คนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา				รวม 48 คะแนน	ร้อยละ	ผ่าน เกณฑ์ ร้อยละ 70
	การพิจารณารูปแบบของโจทย์ ปัญหา (12 คะแนน)	การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (12 คะแนน)	การวางแผนแก้โจทย์ปัญหา (12 คะแนน)	การแก้โจทย์ปัญหา (12 คะแนน)			
1	12	10	6	4	32	66.67	ไม่ผ่าน
3	10	12	7	8	37	77.08	ผ่าน
4	12	12	8	10	42	95.45	ผ่าน
5	8	12	10	8	40	83.33	ผ่าน
7	10	12	8	6	36	75.00	ผ่าน
9	7	6	8	4	25	52.08	ไม่ผ่าน
13	12	10	7	6	35	72.92	ผ่าน
14	8	6	5	7	26	54.17	ไม่ผ่าน
15	12	12	10	8	42	87.50	ผ่าน
16	11	12	10	6	39	81.25	ผ่าน
17	12	10	12	10	44	91.67	ผ่าน
18	10	8	10	8	36	75.00	ผ่าน
19	10	7	10	6	33	68.75	ไม่ผ่าน
23	11	10	8	6	35	72.92	ผ่าน
25	12	11	10	7	40	83.33	ผ่าน
26	12	6	8	6	32	66.67	ไม่ผ่าน
27	12	12	9	10	43	89.58	ผ่าน
28	11	12	10	5	38	79.17	ผ่าน
\bar{x}	10.67	10.00	8.67	6.94	36.39	76.25	
SD	1.61	2.35	1.75	1.86	5.38		

จากตาราง 12 แสดงผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 โดยมีกลุ่มเป้าหมาย 18 คน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 13 คนได้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของจำนวนเต็ม และมีนักเรียนจำนวน 5 คน ได้คะแนนไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยค่าเฉลี่ยคะแนนของนักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 36.39 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.38 เมื่อพิจารณาในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟไอพีเอส ทั้งหมด 4 ขั้นตอน แสดงในรูป 5 ดังนี้



รูปที่ 5 คะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 2

จากรูป 5 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ทั้งหมด 4 ขั้นตอน พบว่า ขั้นตอนการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยที่สูงที่สุด เท่ากับ 10.67 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยอันดับสอง คือ ขั้นตอนการจัดข้อมูลของแก้โจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ เท่ากับ 10.00 คะแนน ขั้นตอนการวางแผนแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.67 คะแนน ส่วนขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ 6.94 คะแนน ซึ่งจากวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหานั้นนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำ ผู้วิจัยจึงนำปัญหาที่เกิดขึ้นนี้มาสะท้อนในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 โดยทำการสอนซ่อมเสริมนักเรียน เพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ และเพิ่มเวลาในขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา ให้นักเรียนมีเวลาคิดคำนวณได้มากขึ้น จึงทำให้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีคะแนนในขั้น

การแก้โจทย์ปัญหาที่เพิ่มขึ้นจากจวงรอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ดีขึ้นตามลำดับและโดยภาพรวมแล้วพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังจากจวงรอบปฏิบัติการที่ 2 มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม 29.97 เป็น 36.39 คะแนน

2) ผลการสังเกตพฤติกรรมการแสดงถึงการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมการแสดงออกถึงการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น คือ การแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา การแก้โจทย์ปัญหา และการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะการจัดการเรียนรู้ของจวงรอบปฏิบัติการที่ 2 พบว่านักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีพฤติกรรมแสดงถึงการแก้โจทย์ปัญหาดังต่อไปนี้

2.1 ด้านการแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหามากขึ้นแต่แสดงความคิดเห็นเพียง 1-2 ครั้งเท่านั้น และยังมีนักเรียนอีกเพียงส่วนน้อยที่ยังพูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเลย โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 4 และ 5 พบว่า ทั้งสองกลุ่มมีนักเรียนที่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเพิ่มขึ้นเป็น 3-4 คน จากสมาชิกทั้งหมด 5 คน สมาชิกในกลุ่มที่จะเหลือคอยนั่งมองเพื่อนทำกิจกรรมในการแก้โจทย์ปัญหา

นักเรียนกลุ่มที่ 6 พบว่า มีนักเรียนที่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเพียง 1-2 คนเท่านั้น จากสมาชิกทั้งหมด 5 คน สมาชิกในกลุ่มที่จะเหลือคอยนั่งมองเพื่อนทำกิจกรรมในการแก้โจทย์ปัญหา

2.2 ด้านการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้แต่เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 4 และ 5 พบว่า นักเรียนสองกลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสในขั้นที่ 1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ และในขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้แต่นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหาได้เลย

นักเรียนกลุ่มที่ 6 พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสในขั้นที่ 1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา และในขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้แต่นักเรียนไม่สามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาในขั้นที่ 2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ และขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหาได้เลย

2.3 ด้านการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหา พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา หรือสูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา หรือคำตอบที่ได้เพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 4 5 และ 6 พบว่า นักเรียนสามกลุ่มนี้เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอพีไอเอสได้เพียงบางขั้นตอน ทำให้ยังไม่ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาและได้ตรวจสอบเพียงสูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา แต่ไม่ได้ทำการตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา และคำตอบที่ได้เลย

จากผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยภาพรวม จะเห็นว่านักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาปัญหาทางเคมีที่ไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็มมีปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหาคือนักเรียนสามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้เพียงบางส่วนเท่านั้นเนื่องจากยังขาดทักษะการคิดคำนวณอยู่ นักเรียนส่วนใหญ่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหามากขึ้นแต่ยังมีนักเรียนอีกเพียงส่วนน้อยที่ไม่พูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเลย และนักเรียนมีการตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา หรือสูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา หรือคำตอบที่ได้เพียงอย่างเดียวอย่างหนึ่ง โดยภาพรวมจากการสังเกตจึงพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีปัญหารื่องความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ประกอบกับแบบสังเกตพฤติกรรม ผู้วิจัยพบว่าพฤติกรรมของนักเรียนมีพัฒนาการแสดงถึงความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา แต่คะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหายังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ซึ่งมีนักเรียนอยู่จำนวน 5 คนที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม คิดเป็นร้อยละ 17.24 ของนักเรียนทั้งหมด ผู้วิจัยจึงได้สอบถามนักเรียนทั้งกลุ่มที่ผ่านเกณฑ์และกลุ่มที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเพื่อทราบถึงหลักการคิด ปัญหาที่ยังเหลืออยู่และหาแนวทางแก้ไขต่อไป

3) ผลการสัมภาษณ์นักเรียนจากแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง

ผู้วิจัยได้ทำการสอบถามนักเรียน หลังการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอพีไอเอสในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ด้วยแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง โดยที่ผู้วิจัยได้ถอดคำพูดของนักเรียนแต่ละคนอย่างละเอียดและแยกข้อมูลออกเป็นส่วนย่อยเพื่อนำปัญหาและข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นมาปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นิววงรอบปฏิบัติการที่ 3 ผลที่ได้แสดงดังนี้

3.1 ด้านการกำหนดขอบเขตของปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถกำหนดขอบเขตของปัญหาได้ อ่านโจทย์แล้วสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ได้ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“สามารถกำหนดขอบเขตของปัญหาได้ค่ะ รู้สึกเข้าใจในเนื้อหาที่ครูกำหนดให้”

(นักเรียนคนที่ 33 วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.49 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“กำหนดขอบเขตของปัญหาได้ค่ะ เพราะอยู่ในเนื้อหาที่เรียนมา”

(นักเรียนคนที่ 26 วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

3.2 ด้านการแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ พบว่า นักเรียนเข้าใจในเนื้อหาทฤษฎี หลักการ ที่ครูอธิบาย แต่อยากให้ปรับเรื่องที่ครูพูดเร็วเกินไป โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“โจทย์ตัวอย่างยากค่ะแต่พอครูอธิบายก็เข้าใจขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 30 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

“ครูอธิบายได้เข้าใจค่ะแต่อาจจะเร็วไปนิดนึง”

(นักเรียนคนที่ 33 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.49 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ครูอธิบายได้เข้าใจค่ะ และอยากให้พูดช้าลงนิดนึง”

(นักเรียนคนที่ 19 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

3.3 ด้านการใช้ทฤษฎี หลักการ (ใช้กลยุทธ์เอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) ในการแก้โจทย์ปัญหา) พบว่า นักเรียนเริ่มคุ้นเคยและปรับตัวได้กับการจัดการเรียนรู้และแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลยุทธ์เอฟโอพีเอส โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนตามกลยุทธ์เอฟโอพีเอสทั้ง 4 ขั้นดังนี้

3.3.1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา พบว่านักเรียนสามารถทำความเข้าใจในรูปแบบของโจทย์ปัญหาได้ชัดเจนว่าสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบและสัญลักษณ์ของตัวแปรที่ใช้คืออะไร เนื่องจากครูได้ยกตัวอย่างให้นักเรียนดูและได้สร้างความตระหนักให้เห็นถึงความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และต้องการหาได้ค่ะ เพราะเข้าใจโจทย์ที่ครูให้ทำ”

(นักเรียนคนที่ 30 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“บอกสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และต้องการหาได้ค่ะ เพราะว่าเข้าใจในสิ่งที่ครูสอนค่ะ”

(นักเรียนคนที่ 26 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

3.3.2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ พบว่า นักเรียนสามารถจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาซึ่งนำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภาพจากสถานการณ์ของโจทย์ปัญหาเพื่อจินตนาการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กันกับโจทย์ และนำไปสู่การวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ดีตามลำดับ เนื่องจากครูได้ยกตัวอย่าง สาธิตและอธิบายวิธีการเขียนแผนภาพขั้นต้นและการวางแผนโดยใช้แผนภาพเพื่อให้ทราบถึงภาพรวมของการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ รูป เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“นำเสนอข้อมูลโดยใช้แผนภาพได้ครับ เพราะครูได้ยกตัวอย่าง

อธิบายให้เข้าใจในการทำเป็นแผนภาพ

(นักเรียนคนที่ 6 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“จัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพได้ครับ เพราะได้ทำเรื่อย ๆ”

(นักเรียนคนที่ 1 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

3.3.3 ขั้นการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจที่จะนำข้อมูลในสถานการณ์ที่โจทย์กำหนดให้มาวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาได้ดี แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ต้องการให้ครูสรุปเนื้อหา สรุปสูตรที่ใช้ในเรื่องที่เรียนเพื่อจะนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากในแต่ละเรื่องของโจทย์ปัญหาจะมีการวางแผนและสูตรที่ใช้แตกต่างกัน โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“วางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ค่ะ เพราะได้ใช้สูตรในเนื้อหาที่ได้เรียนผ่านมาแล้ว”

(นักเรียนคนที่ 32 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“วางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ แต่อยากให้ครูสรุปสูตรที่ใช้ในเรื่องที่เรียนให้

เพราะสูตรเคมีมันเยอะมากค่ะ

(นักเรียนคนที่ 19 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

3.3.4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนยังขาดทักษะการคิดคำนวณ เป็นผลมาจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจในแก้สมการ การย้ายข้างสมการ และการแปลงหน่วย โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ตอนที่ฝึกทำโจทย์ เข้าใจในขั้นตอนการแก้สมการสามารถทำได้ค่ะเพราะครูช่วยอธิบาย แต่พอทำโจทย์เองก็เกิดความสับสนในการแก้สมการหลาย ๆ ชั้น”

(นักเรียนคนที่ 26 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

“ทำได้บ้างไม่ได้บ้างครับ บางครั้งก็แทนค่าในสูตรผิด แทนหน่วยผิด”

(นักเรียนคนที่ 1 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

3.4 ด้านการตรวจสอบและสรุป พบว่า นักเรียนสามารถสรุปเนื้อหาที่เรียนและตรวจสอบผลของโจทย์ปัญหา สูตรที่ใช้และคำตอบที่ได้ได้ โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“สามารถตรวจสอบได้ครับ เพราะได้ฝึกตรวจสอบมาเรื่อย ๆ ”

(นักเรียนคนที่ 6 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“สามารถสรุปได้ค่ะ เพราะเข้าใจในเนื้อหาที่ครูสอน”

(นักเรียนคนที่ 19 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

3.5 ด้านวิธีการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม พบว่า นักเรียนเริ่มปรับตัวได้กับการจัดการเรียนรู้ และแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีเอพีโอพีเอส มีความกระตือรือร้นช่วยกันทำกิจกรรมในกลุ่มมากขึ้น โดยจะเห็นจากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังนี้

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ดีครับ ใช้กลวิธีเอพีโอพีเอสในการแก้โจทย์ปัญหาเหมือนได้เรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ ”

(นักเรียนคนที่ 7 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 10.00 : การสัมภาษณ์)

“ดีค่ะ รู้สึกว่าเข้าใจการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละขั้นมากขึ้น”

(นักเรียนคนที่ 32 , วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

กลุ่มนักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

“ดีค่ะ ได้ทำงานเป็นกลุ่มได้ปรึกษาเพื่อน”

(นักเรียนคนที่ 26 , วันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2566 เวลา 09.50 : การสัมภาษณ์)

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบสัมภาษณ์นักเรียนประกอบกัน สรุปปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนการสอนในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ได้นักเรียนจำนวน 5 คน ยังมีปัญหาในการแก้โจทย์ปัญหา โดยจะนำไปเป็นปัญหาในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงรอบที่ 3

ผู้วิจัยจึงสรุปปัญหาและหาแนวทางเพื่อแก้ไขและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ต่อไป ได้ผลแสดงดังตาราง 13

ตารางที่ 13 ปัญหาและแนวทางในการแก้ไขปัญหาในวงรอบปฏิบัติการที่ 3

ปัญหา	แนวทางการแก้ไข
1. ครูพูดเร็วเกินไป	ครูพูดให้ช้าลง แจ้งกับนักเรียนว่า ถ้าครูพูดเร็วให้นักเรียนแจ้งครูได้ทันที และอธิบายซ้ำอีกครั้งเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย
2. นักเรียนต้องการให้ครูสรุปเนื้อหา สรุปสูตรที่ใช้ในเรื่องที่เรียนเพื่อจะนำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากในแต่ละเรื่องของโจทย์ปัญหาจะมีการวางแผนและสูตรที่ใช้แตกต่างกัน	ครูสรุปองค์ความรู้และสรุปสูตรที่ใช้ในแต่ละเรื่องที่ได้เรียนมา หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้
3. นักเรียนยังขาดทักษะการคิดคำนวณ เป็นผลมาจากการที่นักเรียนไม่เข้าใจในแก้สมการ การย้ายข้างสมการ และการแปลงหน่วย	ครูนัดสอนซ่อมเสริมนักเรียน เพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ การย้ายข้างสมการ และการเปลี่ยนหน่วย เพื่อให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับการแก้สมการมากขึ้น

3. วงรอบปฏิบัติการที่ 3

ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ได้วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและผลการปฏิบัติในวงรอบปฏิบัติที่ 2 มาปรับปรุงเพื่อออกแบบการจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น โดยครูผู้สอนพูดให้ช้าลง และอธิบายซ้ำอีกครั้งเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย ครูผู้สอนสรุปองค์ความรู้และสรุปสูตรที่ใช้ในแต่ละเรื่องที่ได้เรียนมา หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหลือ และครูผู้สอนทบทวนทักษะการคำนวณของนักเรียน เพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ การย้ายข้างสมการและการเปลี่ยนหน่วยในขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหลือ เพื่อให้นักเรียนได้คุ้นเคยกับการแก้สมการมากขึ้น

1) ผลคะแนนจากแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ทำยวงรอบปฏิบัติการที่ 3

เมื่อทำการการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ กลวิธีเอพโอพีเอส เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โดยทำการปรับปรุงกิจกรรมตามการวางแผนการแก้ปัญหาจาก วงรอบปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ประกอบด้วย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส 2

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน

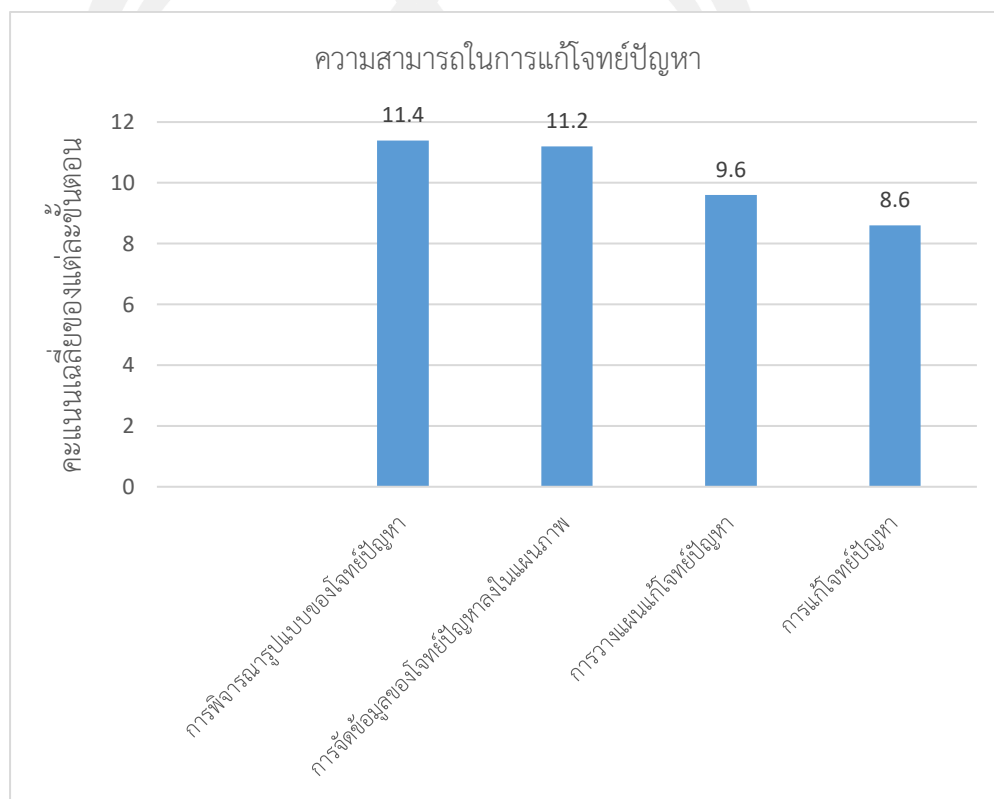
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน 2

หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 ผู้วิจัยได้วัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายบุคคลโดยใช้แบบทดสอบอัตนัยจำนวน 6 ข้อ คะแนนเต็ม 48 คะแนน ผลที่ได้แสดงดังตาราง 14

ตารางที่ 14 ผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ทำยวงรอบปฏิบัติการที่ 3 (n=5)

คนที่	ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา					รวม 48 คะแนน	ร้อยละ	ผ่าน เกณฑ์ ร้อยละ 70
	การพิจารณารูปแบบของโจทย์ ปัญหา (12 คะแนน)	การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (12 คะแนน)	การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา แผนภาพ (12 คะแนน)	การแก้โจทย์ปัญหา (12 คะแนน)				
1	12	12	9	10	43	89.58	ผ่าน	
9	10	10	10	6	36	75.00	ผ่าน	
14	11	10	8	9	38	79.17	ผ่าน	
19	12	12	11	10	45	93.75	ผ่าน	
26	12	12	10	8	42	87.50	ผ่าน	
\bar{x}	11.40	11.20	9.60	8.60	40.80	85.00		
SD	0.89	1.10	1.14	1.67	3.70			

จากตาราง 14 แสดงผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนหลังจัดการเรียนรู้ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 โดยมีกลุ่มเป้าหมาย 5 คน พบว่า นักเรียนทั้งหมดได้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม โดยค่าเฉลี่ยคะแนนของ นักเรียนทั้งหมดเท่ากับ 40.80 คะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.70 เมื่อพิจารณาในแต่ละ ขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ทั้งหมด 4 ขั้นตอน แสดงในรูป 6 ดังนี้



รูปที่ 6 คะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 3

จากรูป 6 แสดงคะแนนเฉลี่ยของแต่ละขั้นตอนของกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา ทั้งหมด 4 ขั้นตอน พบว่า ขั้นตอนการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 11.40 คะแนน ขั้นตอนการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 11.20 คะแนน ขั้นตอนการวางแผนแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 9.60 คะแนนและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.60 คะแนน ซึ่งจากภาพ 4 ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีการพิจารณารูปแบบของ โจทย์ปัญหาและการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพมีคะแนนเฉลี่ยในขั้นตอนทั้งสองขั้นนี้ที่ดี และคะแนนที่สูง โดยในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส ผู้วิจัยจึงเน้นในขั้นตอนการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา โดยสรุปองค์ความรู้และสรุป สูตรที่ใช้ในแต่ละเรื่องที่ได้เรียนหลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ นักเรียนไม่สับสนกับสูตรที่ใช้และสามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น และสอนทักษะ

การคำนวณในเรื่องการแก้สมการ การย้ายข้างสมการและการเปลี่ยนหน่วยเสริมในขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนคุ้นเคยกับการแก้สมการและสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น จึงทำให้คะแนนในขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาและขั้นการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนเพิ่มขึ้น และโดยภาพรวมแล้วพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังจากจบวงจรรอบปฏิบัติการที่ 3 มีค่าเพิ่มขึ้นจากเดิม 36.39 เป็น 40.80 คะแนน

2) ผลการสังเกตพฤติกรรมกรรมการแสดงถึงการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมกรรมการแสดงออกถึงการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบสังเกตพฤติกรรม แบ่งออกเป็น 3 ประเด็น คือ การแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา การแก้โจทย์ปัญหา และการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในขณะการจัดการเรียนรู้ของวงจรรอบปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีพฤติกรรมแสดงถึงการแก้โจทย์ปัญหาดังต่อไปนี้

2.1 ด้านการแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนทุกคนพูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหามากขึ้นแต่แสดงความคิดเห็นเพียง 1-2 ครั้งเท่านั้น โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 4 5 และ 6 พบว่า ทั้งสามกลุ่มมีนักเรียนทุกคนพูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาแต่ ซึ่งนักเรียนบางคนนักเรียนพูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหามากกว่า 1 ครั้ง และยังมีนักเรียนบางคนที่นักเรียนพูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหาเพียง 1 ครั้ง

2.2 ด้านการแก้โจทย์ปัญหา พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้ถูกต้องครบถ้วนและคำตอบถูก แต่จะมีนักเรียนอีกบางส่วนที่สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอนได้แต่เพียงบางส่วนเท่านั้น โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 1- 5 พบว่า นักเรียนทั้งห้ากลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีได้ถูกต้องครบถ้วนและคำตอบถูก

นักเรียนกลุ่มที่ 6 พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสในขั้นที่ 1 ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา ขั้นที่ 2 ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ และในขั้นที่ 3 ขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ ส่วนในขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนสามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาได้บ้างบางส่วน หรือสามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาได้แต่คำตอบผิด

2.3 ด้านการตรวจสอบการแก้โจทย์ปัญหา พบว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา สูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้อย่างครบถ้วน และ

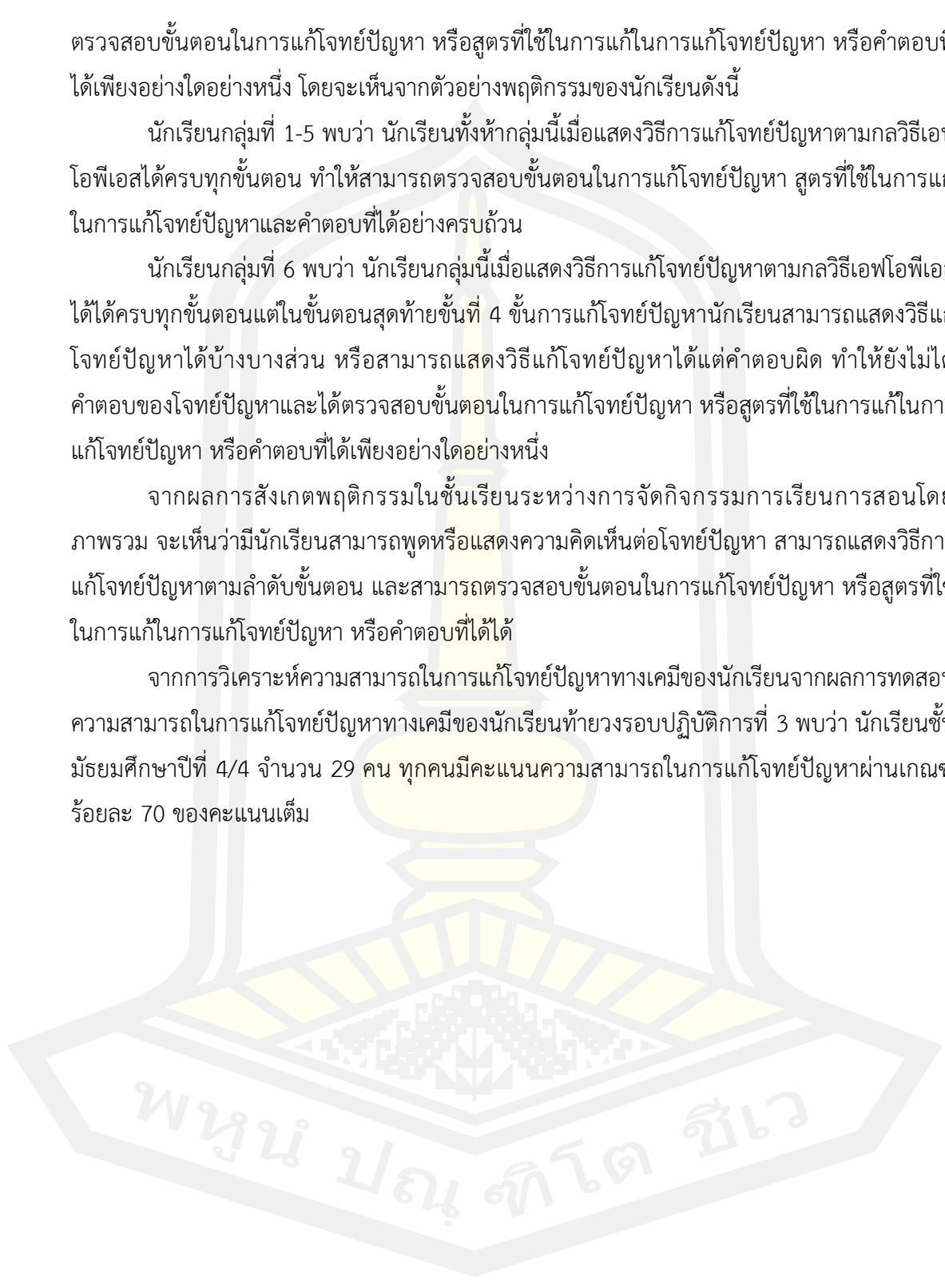
ตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา หรือสูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา หรือคำตอบที่ได้เพียงอย่างเดียวหนึ่ง โดยจะเห็นจากตัวอย่างพฤติกรรมของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มที่ 1-5 พบว่า นักเรียนทั้งห้ากลุ่มนี้เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสได้ครบทุกขั้นตอน ทำให้สามารถตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา สูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้อย่างครบถ้วน

นักเรียนกลุ่มที่ 6 พบว่า นักเรียนกลุ่มนี้เมื่อแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสได้ครบทุกขั้นตอนแต่ในขั้นตอนสุดท้ายขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหานักเรียนสามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาได้บ้างบางส่วน หรือสามารถแสดงวิธีแก้โจทย์ปัญหาได้แต่คำตอบผิด ทำให้ยังไม่ได้คำตอบของโจทย์ปัญหาและได้ตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา หรือสูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา หรือคำตอบที่ได้เพียงอย่างเดียวหนึ่ง

จากผลการสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียนระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยภาพรวม จะเห็นว่านักเรียนสามารถพูดหรือแสดงความคิดเห็นต่อโจทย์ปัญหา สามารถแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามลำดับขั้นตอน และสามารถตรวจสอบขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา หรือสูตรที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา หรือคำตอบที่ได้ได้

จากการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนจากผลการทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนทำยวรอบปฏิบัติการที่ 3 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 29 คน ทุกคนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส

เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) ในรายวิชาเคมี เนื้อหาเรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ กลุ่มเป้าหมาย (Target group) คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คน ระยะเวลาในการทำวิจัยอยู่ในช่วงภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 9 แผน ระยะเวลาเก็บข้อมูลวิจัยทั้งสิ้น 5 สัปดาห์ ผู้วิจัยมีการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัยดังนี้ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 9 แผน แบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ จำนวน 3 ชุด ชุดละ 6 ข้อ ซึ่งวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ด้านตามกลวิธีเอฟโอพีเอส ดังนี้ ด้านการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา ด้านการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ด้านการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาและด้านการแก้โจทย์ปัญหา แบบสังเกตพฤติกรรมที่แสดงถึงพฤติกรรมแก้โจทย์ปัญหาและแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เมื่อได้รับข้อมูลจากการใช้เครื่องมือวิจัยกับกลุ่มเป้าหมายแล้ว ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยหลังจากที่ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ ดังนี้

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

ความมุ่งหมายของการวิจัย

เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส ให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

สรุปผล

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส จำนวนทั้งหมด 29 คน โดยพบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นดังนี้ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 11 คน ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 24 คน และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนผ่านเกณฑ์จำนวน 29 คน

วงรอบปฏิบัติการที่ 1 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน นักเรียนทั้งหมด 29 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 29.97 คะแนน ซึ่งนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 62.07 ของนักเรียนทั้งหมด

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน นักเรียนทั้งหมด 18 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 36.39 คะแนน โดยนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 17.24 ของนักเรียนทั้งหมด

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน นักเรียนทั้งหมด 5 คน พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 40.80 คะแนน โดยนักเรียนทั้งหมดมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม

อภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ในรายวิชาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวนทั้งหมด 29 คน มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีพัฒนาขึ้นในแต่ละวงรอบปฏิบัติการตามลำดับ โดยพบว่าจำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 มีจำนวนเพิ่มขึ้นดังนี้ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 11 คน วงรอบปฏิบัติการที่ 2 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 24 คน และวงรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนที่ผ่านเกณฑ์มีจำนวน 29 คน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนได้ใช้สถานการณ์โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้วิเคราะห์ขอบเขตของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด จากนั้นครูผู้สอนได้อธิบายทฤษฎี หลักการที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์โจทย์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ขอบเขตของปัญหา เพื่อประยุกต์ใช้ในการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ไปสู่ขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาเพื่อให้ทราบถึงภาพรวมและดำเนินการ

ตามแผนที่วางไว้ โดยอาศัยทักษะการคำนวณของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม ซึ่งในด้านทักษะการคำนวณ ครูผู้สอนนัดสอนซ่อมเสริมนักเรียนเพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ การย้ายข้างสมการ และการเปลี่ยนหน่วย และให้นักเรียนฝึกทำโจทย์ที่มีการตรวจสอบผลที่ไม่ซับซ้อน ทำให้นักเรียนสามารถคำนวณที่เกี่ยวข้องของโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นวิเคราะห์ข้อมูล การแก้โจทย์ปัญหาและการตรวจสอบผลของโจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ทำให้เมื่อมีการลงข้อสรุปความรู้ที่ได้จึงไม่เข้าใจ ส่งผลให้ไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาด้วยตัวเองได้ นอกจากนี้ในกิจกรรมกลุ่มในขั้นการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสมีการแบ่งขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาออกเป็น 4 ขั้นตอน อย่างชัดเจน คือ ขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา ขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ขั้นการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา และขั้นการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดเป็นไปตามลำดับ ซึ่งกลวิธีเอฟโอพีเอสได้ให้ความสำคัญกับการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ เพื่อที่จะให้นักเรียนสามารถเห็นภาพรวมของโจทย์ปัญหาได้อย่างชัดเจน เพราะการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพจะเป็นการเขียนแผนภาพแทนข้อความซึ่งจะช่วยให้เข้าใจสิ่งนั้น ๆ มากขึ้นโดยเฉพาะโจทย์ปัญหาที่ยาก เป็นข้อความที่เป็นนามธรรมและมีความซับซ้อน ซึ่งแผนภาพนี้จึงเป็นตัวช่วยสำคัญที่จะทำให้นักเรียนเข้าใจโจทย์ปัญหาได้มากขึ้น (รมิตา ชื่นเปรมชีพ, พรเทพ จันทราอุกฤษณ์ และรากร เอ็งปัญญา, 2560) ซึ่งในขั้นการใช้ทฤษฎี หลักการ ได้มีการสุ่มนักเรียนแต่ละกลุ่มออกมาเฉลยใบกิจกรรมหน้าชั้นเรียน ทำให้นักเรียนกระตือรือร้น และสนุกสนาน ในการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อรับของรางวัล แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่กล้าแสดงออกในการออกมาเฉลยใบกิจกรรมหน้าชั้นเรียนจากที่ให้ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอครูผู้สอนได้เปลี่ยนให้ทั้งกลุ่มที่โดนสุ่มออกมานำเสนอทุกคน โดยนำเสนอคนละขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอส และมีแบบฝึกหัดให้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาในขั้นการฝึกปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างชัดเจน เมื่อนักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีการเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ส่งผลให้มีการเรียนรู้ถึงวิธีการใช้สติปัญญาของตนเองในการแก้ปัญหา (ทศนา แคมมณี, 2552) และนักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดเป็นไปตามลำดับแต่ละขั้นตอน จนเกิดเป็นความสามารถในการแก้โจทย์แก้ปัญหา (ชาติรี ฝ่ายคำตา, 2551) ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของพิรवारณ วังทะพันธ์ (2564) ที่ได้ศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง เสี่ยงในรายวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส ที่โรงเรียนโกสุมพิทยาสรรค์ พบว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้วงจรอบปฏิบัติการที่ 3 นักเรียนทั้งชั้นเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และอมรรรัตน์ บัวจำรัส (2560) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยกลวิธีเอฟโอพีเอส ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปร

เดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่โรงเรียนเพชรพิทยาสรรค์ พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีรายละเอียดแต่ละวงรอบปฏิบัติการดังนี้

วงรอบปฏิบัติการที่ 1 จัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 29 คน นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ย 29.97 จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 62.43 ของคะแนนทั้งหมด เมื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์รายด้านพบว่า มีผลคะแนนเฉลี่ยในขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ การวางแผนแก้โจทย์ปัญหาและการแก้โจทย์ปัญหา มีค่าเท่ากับ 8.10 7.31 8.62 และ 5.93 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าในขั้นการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาเป็นขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดมีค่าเท่ากับ 8.62 คิดเป็นร้อยละ 71.83 ของจำนวนเต็ม ซึ่งนักเรียนให้ความสำคัญในการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา แต่ยังพบว่า มีนักเรียนบางคนที่ยังวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ไม่ครบถ้วน โดยพบว่านักเรียนบางส่วนนั้นสามารถบอกสูตร สมการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้แต่เขียนขั้นตอนการวางแผนแก้โจทย์ปัญหาไม่ครบถ้วนทุกขั้นตอน และนักเรียนบางคนยังสับสนกับสูตร สมการที่ใช้ในการคิดคำนวณ และขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงอันดับที่ 2 คือขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหามีค่าเท่ากับ 8.10 คิดเป็นร้อยละ 67.50 ของจำนวนเต็ม ซึ่งนักเรียนให้ความสนใจในการพิจารณารูปแบบของโจทย์ โดยอาศัยการคิดวิเคราะห์และสรุปการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหาในสิ่งที่โจทย์ต้องการหาเป็นภาษาของนักเรียน ซึ่งในการสรุปปัญหาจากโจทย์เป็นภาษาของตนเองนั้นจะช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจปัญหาในสิ่งที่โจทย์ต้องการหาได้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2557) แม้ว่านักเรียนจะสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ต้องการหาจากสถานการณ์ได้ แต่ยังพบว่า มีนักเรียนบางคนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการหาได้ แต่ไม่สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ครบทั้งหมด เพราะฉะนั้นนักเรียนยังไม่เล็งเห็นความสำคัญของข้อมูลหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ส่วนในขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ มีคะแนนเฉลี่ยสูงเป็นอันดับที่ 3 มีค่าเท่ากับ 7.31 คิดเป็นร้อยละ 60.92 ของคะแนนเต็ม ซึ่งจากการสังเกตขณะการทำไปกิจกรรมระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และแบบทดสอบท้ายวงรอบปฏิบัติการ พบว่ายังมีนักเรียนบางส่วนที่ไม่สามารถจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ ทั้งนี้ผู้วิจัยมีความเห็นว่า อาจมีเหตุผลเนื่องมาจากนักเรียนไม่เคยได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ทำให้เกิดความสับสน มองสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาเป็นแผนภาพไม่ออกจึงทำให้ไม่สามารถแสดงกระบวนการในการจัดข้อมูลลงในแผนภาพในขั้นต้นได้ และในขั้นการแก้โจทย์ปัญหาเป็นขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุดมีค่าเท่ากับ 5.93 คิดเป็นร้อยละ 49.42 ของจำนวนเต็ม โดยนักเรียนที่มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาจากนักเรียนบางส่วนนั้นยังขาดทักษะการคิด

คำนวณซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการแก้โจทย์ปัญหา (กรมวิชาการ, 2545) เมื่อคำนวณหาคำตอบจึงส่งผลให้คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง ซึ่งสุวรร กัญจนมยุร (2533) กล่าวว่าไว้ว่าความสามารถในการคิดคำนวณเป็นองค์ประกอบที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ การที่นักเรียนจะสามารถนำความรู้ที่ตนมีอยู่ไปวิเคราะห์โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ได้ จะต้องอาศัยองค์ประกอบอื่น ๆ เช่น องค์ประกอบทางด้านภาษา องค์ประกอบด้านความเข้าใจ องค์ประกอบด้านการคิดคำนวณ การย่อและสรุปความ และการฝึกทักษะการแก้โจทย์ปัญหา เมื่อนักเรียนขาดทักษะการคิดคำนวณนี้จึงเป็นผลทำให้คะแนนในขั้นนี้ต่ำที่สุด และทั้งนี้จากการสังเกตนักเรียนขณะทำแบบฝึกหัดและแบบทดสอบท้ายวงรอบปฏิบัติการ ผู้วิจัยมีความเห็นว่าเนื่องจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี มีลักษณะเป็นแบบอัตโนมัติ และมีขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาในแต่ละข้อตามกลวิธีเอฟโอพีเอสมีทั้งหมด 4 ขั้นตอนด้วยกัน ซึ่งเริ่มตั้งแต่ ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F-Find the problem type) ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O-Organize the information in the problem using the diagram) ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P-Plan to solve the problem) และขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S-Solve the problem) ซึ่งขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาหลายขั้นตอนนี้อาจจะทำให้เวลาในการทำแบบทดสอบไม่เพียงพอ นักเรียนส่วนมากจะทำในขั้นที่ 1-3 ก่อนพอมาถึงขั้นที่ 4 ขั้นการแก้โจทย์ปัญหาทำให้มีเวลาไม่เพียงพอสำหรับการคิดคำนวณในขั้นนั้น ๆ จึงเป็นอีกเหตุผลที่ทำให้คะแนนในขั้นการแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนต่ำที่สุด ซึ่งจะเห็นได้ว่าในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ผลลัพธ์ในขั้นสุดท้ายขั้นการแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนต่ำที่สุดแสดงว่านักเรียนให้ความสำคัญไปที่กระบวนการในการหาคำตอบมากกว่าคำตอบที่ได้

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 18 คน ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์จากวงรอบปฏิบัติที่ 1 ในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 36.39 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 75.81 ของคะแนนทั้งหมด เมื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์รายด้านพบว่า มีผลคะแนนเฉลี่ยในขั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ การวางแผนแก้โจทย์ปัญหาและการแก้โจทย์ปัญหา มีค่าเท่ากับ 10.67 10.00 8.67 และ 6.94 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวจะเห็นว่าในทุกขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหามีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้นในทุกด้าน แสดงให้เห็นว่าในขั้นการพิจารณา รูปแบบของโจทย์ปัญหา และขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ เป็นขั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุดเป็นอันดับ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 88.92 และ 83.33 ของคะแนนเต็ม เป็นเช่นนี้เพราะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจากการทำการสอนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 ซึ่งครูได้สร้างความตระหนักของนักเรียนต่อความสำคัญของข้อมูลในโจทย์ปัญหา โดยครูผู้สอนอธิบายให้นักเรียนเล็งเห็นถึงความสำคัญของข้อมูลที่กำหนดให้ ทำให้นักเรียน

สามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้ครบถ้วนมากขึ้น และครูได้ยกตัวอย่าง โดยสาธิตและอธิบายวิธีการเขียนแผนภาพขั้นต้น การวางแผนโดยใช้แผนภาพ เพื่อให้นักเรียนทราบถึงภาพรวมของการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาโดยใช้แผนภาพ รูป เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ทำให้นักเรียนสามารถจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพได้ดียิ่งขึ้น จากที่เบื้องต้นนั้นนักเรียนเกิดความสับสน ไม่สามารถแสดงกระบวนการในการเขียนแผนภาพจากสถานการณ์ของโจทย์เพื่อจินตนาการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับโจทย์ในขั้นต้นได้ ส่วนขั้นการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา มีคะแนนเฉลี่ย 8.67 คิดเป็นร้อยละ 72.25 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนส่วนมากสามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนที่เกิดความสับสนกับสูตรที่ใช้ในการคิดคำนวณ ซึ่งครูได้ยกตัวอย่าง อธิบายการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาเมื่อนำความรู้ หลักการ หรือสูตรมาประยุกต์ใช้ และอธิบายความเชื่อมโยงของตัวแปรแต่ละตัวในสูตรเพื่อให้นักเรียนทราบถึงภาพรวมทั้งหมดของขั้นตอนในการวางแผนแก้โจทย์ปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถวางแผนแก้โจทย์ปัญหาได้ดียิ่งขึ้น ในขณะที่ชั้นที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำสุด คือ ชั้นการแก้โจทย์ปัญหา โดยมีคะแนนเฉลี่ย 6.94 คิดเป็นร้อยละ 57.83 ของคะแนนเต็ม ซึ่งเพิ่มขึ้นมาจากหลังจบวงจรปฏิบัติการที่ 1 แต่ยังไม่ถึงเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม ทั้งนี้สาเหตุที่นักเรียนยังไม่ผ่านเกณฑ์การแก้โจทย์ปัญหาอาจจะเนื่องมาจากในช่วงเวลาที่ครูสอนซ่อมเสริมนักเรียนในคาบแนะแนวที่ไม่ใช่คาบเรียนปกติ เพื่อฝึกทักษะการคำนวณในเรื่องการแก้สมการ และการเปลี่ยนหน่วย นักเรียนบางส่วนไม่ได้เข้ารับการสอนซ่อมเสริมเนื่องด้วยอาจจะต้องรีบกลับบ้านตามเวลารับ-ส่งเนื่องจากคาบแนะแนวที่ขอสอนเพิ่มอยู่ในคาบเรียนที่ 8 ซึ่งเป็นคาบเรียนสุดท้ายของวัน จึงทำให้นักเรียนบางส่วนยังขาดทักษะการคิดคำนวณ เป็นผลให้ชั้นการแก้โจทย์ปัญหายังไม่ผ่านเกณฑ์นั่นเอง

วงรอบปฏิบัติการที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้จำนวน 3 แผน นักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้งหมด 5 คน ที่มีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาไม่ผ่านเกณฑ์จากวงรอบปฏิบัติการที่ 2 ในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเฉลี่ยเท่ากับ 40.80 คะแนน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 85.00 ของคะแนนทั้งหมด เมื่อนำคะแนนมาวิเคราะห์รายด้านพบว่ามีผลคะแนนเฉลี่ยในชั้นการพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ การวางแผนแก้โจทย์ปัญหาและการแก้โจทย์ปัญหา มีค่าเท่ากับ 11.40 11.20 9.60 และ 8.60 ตามลำดับ จากข้อมูลดังกล่าวพบว่าขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาทั้ง 4 ขั้นตอนมีค่าเฉลี่ยสูงขึ้นกว่าทุกวงรอบปฏิบัติการ แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนมีแนวโน้มสูงขึ้น และมีคะแนนเฉลี่ยแต่ละขั้นตอนสูงกว่าเกณฑ์ 70 ของคะแนนเต็ม จากข้อมูลจะเห็นว่ามีการบวนการแก้โจทย์ปัญหาที่ดีขึ้นโดยเฉพาะชั้นการแก้โจทย์ปัญหาและขั้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ ซึ่งนักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้ทักษะการคิดคำนวณได้ดีขึ้น สามารถย้ายข้างสมการและเปลี่ยนหน่วยได้ดียิ่งขึ้น เป็นเช่นนี้เพราะผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจากการทำการสอนใน

วงรอบปฏิบัติการที่ 2 ซึ่งครูได้สรุปองค์ความรู้และสรุปสูตรที่ใช้ในแต่ละเรื่องที่ได้เรียนมา หลังเสร็จสิ้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ และครูได้สอนซ่อมเสริมนักเรียน เพื่อฝึกทักษะการคิดคำนวณในขณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหลือ และขึ้นการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพนักเรียนทำออกมาได้หลากหลายมุมมองและชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นจุดเด่นของการจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส โดยการจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพของแต่ละคนนั้นจะได้รับอิทธิพลจากการแบ่งปัน การแลกเปลี่ยนความคิดของคนในกลุ่ม และการฝึกฝนแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้แผนภาพเป็นประจำ ดังนั้นจึงส่งผลให้เกิดความคิดที่แตกต่างและหลากหลายรวมถึงได้ฝึกฝนกระบวนการคิดแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนทำให้มีคะแนนสูงขึ้นในทุกด้าน อีกทั้งมีการเสริมแรงด้วยการให้คะแนนซึ่งสามารถกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ Skinner ที่ Hergenhahn and Olson (Herganhahn,B.R. and Olson, 1993) ได้กล่าวไว้ว่าในการสอนการให้การเสริมแรงหลังการตอบสนองที่เหมาะสมของผู้เรียนจะช่วยเพิ่มอัตราการตอบสนองที่เหมาะสมนั้นได้ ดังเช่นถ้าหากนักเรียนตอบคำถามที่ครูถามได้ ก็จะได้รับคะแนนพิเศษ ซึ่งนักเรียนก็จะมีความกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นมากขึ้น และการทำงานร่วมกันได้ดีขึ้น (Skinner,1938) ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสูงขึ้นตามลำดับ และยังเป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้ฝึกฝนการคิดแก้โจทย์ปัญหาอย่างต่อเนื่องจนทำให้เห็นผลที่ชัดเจน

ดังนั้นสามารถกล่าวได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนได้ เนื่องจากหลังจากจบวงรอบปฏิบัติการที่ 3 พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม มีจำนวน 29 คน จากนักเรียนทั้งหมด 29 คน ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ที่มีการเน้นให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนได้ตระหนักให้รู้ถึงความสำคัญของข้อมูลที่โจทย์กำหนดให้ เพื่อให้นักเรียนได้นำข้อมูลมาใช้อย่างถูกต้อง ส่งผลให้นักเรียนนำสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาใช้ประกอบในการจัดข้อมูลของโจทย์ลงในแผนภาพ และการวางแผนการแก้โจทย์ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Buachamrat (2017) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวโดยใช้กลวิธีเอฟโอพีเอส ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาต้นหลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กลวิธีเอฟโอพีเอส สูงกว่าก่อนได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rockwell (2012) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนกับการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนโดยใช้กลวิธีเอฟโอพีเอสผลการศึกษาพบว่า การแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้กลวิธีเอฟโอพีเอสมีผลที่ดีขึ้นหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

ครูวิทยาศาสตร์ที่ต้องการนำวิธีการสอนแบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสไปใช้การจัดการเรียนรู้ ควรให้ความสำคัญในเรื่องต่อไปนี้

1) ผู้สอนจะต้องอธิบายลักษณะการจัดกิจกรรมและขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอสทั้ง 4 ขั้นตอนให้นักเรียนเข้าใจและชัดเจน ซึ่งจะทำให้การดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปได้อย่างเต็มความสามารถและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

2) ผู้สอนควรจะกำหนดเวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นให้ชัดเจน และเหมาะสมกับกิจกรรม เพื่อดำเนินกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่องและป้องกันไม่ให้เกิดความวุ่นวายขึ้นในชั้นเรียนเมื่อมีเวลาที่ว่างระหว่างการจัดกิจกรรมหรือเมื่อเวลาที่มีไม่เพียงพอสำหรับการจัดกิจกรรม

3) ข้อจำกัดของเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ควรมีความเหมาะสมต่อความสามารถและบริบทของนักเรียน

4) ครูผู้สอนควรให้นักเรียนเรียนได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลายโดยเริ่มจากง่ายไปหายาก

5) ผู้สอนควรเน้นย้ำให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีให้ครบทุกข้อ เพราะจะทำให้ผู้วิจัยสามารถประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมีของนักเรียนแต่ละคนได้ตรงกับความเป็นจริงที่สุด

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1) จากการศึกษาพบว่าควรฝึกให้นักเรียนมีทักษะในการคำนวณที่ดีก่อนเริ่มมีการจัดการเรียนรู้เพราะเป็นทักษะที่สำคัญในขั้นการแก้โจทย์ปัญหาในการศึกษาวิจัยเรื่องการพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส

2) จากการศึกษาพบว่าควรมีการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส ที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ที่สามารถใช้กับสื่อสังคมออนไลน์และประยุกต์ใช้กับการเรียนออนไลน์ได้

3) จากการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอสควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบคาบเรียนคู่หรือคาบ 2 ชั่วโมงเนื่องจากมีขั้นตอนในการจัดกิจกรรมและการแก้โจทย์ปัญหาค่อนข้างเยอะจึงไม่เหมาะกับคาบเรียนเดี่ยวหรือคาบ 1 ชั่วโมงหากมีความจำเป็นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบคาบเรียนเดี่ยวควรมีการปรับกิจกรรมให้กระชับมากขึ้น

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์การศึกษา*. กรุงเทพฯ : พัฒนา
คุณภาพวิชาการ (พ.ว.)
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ตาม
หลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2557). *เทคนิคการใช้คำถามพัฒนาการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 4. นนทบุรี : สหมิตรพรินต์
ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง
- ชาติรี ฝ่ายคำตา. (2551). การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้. *วารสาร
ศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 11(1), 39-42.
- โชติรส อับสมบุรณ์. (2564). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค
SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความ
คงทนในการเรียนรู้เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*. 19(1) 253-265.
- ณัฐพร ศรีบุรณ์. (2543). *การสร้างแบบทดสอบอัตนัยเพื่อวินิจฉัยการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์
เรื่อง เศษส่วน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. ปริญญาโท ศษ.ม. ขอนแก่น :
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ดวงเดือน อ่อนน่วม. (2533). *การสอนซ่อมเสริมคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เดือนใจ ตรีเนตร. (2544). *ผลการใช้แบบฝึกการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์เรื่องพื้นที่สำหรับนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. สารนิพนธ์กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทิตนา แชมมณี. (2552). *ศาสตร์การสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพฯ: ด่านสุธา.
- ทิตนา แชมมณี และ คณษ. (2544). *ศาสตร์การสอนองค์ความรู้ เพื่อการจัดกระบวนการการเรียนรู้ ที่
มีประสิทธิภาพ*. กรุงเทพฯ: ด่านสุธาการพิมพ์.
- น้อมศรีเคท. (2537). *เรื่องน่ารู้สำหรับครูคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2535). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

- บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. (2547). *การวัดประเมินการเรียนรู้ (การวัดประเมินแนวใหม่)*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ประสาธน์ เนืองเฉลิม. (2556). *วิจัยการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พัชรฎา พลเยี่ยม และกันยารัตน์ สอนสุภาพ. (2564). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธี STAR ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. 15(3) 142-154.
- พิจิตร ยังกา. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิชาคณิตศาสตร์วิศวกรรม 1 ของนักเรียนระดับชั้น ปวส.1 สาขาวิชาก่อสร้าง วิทยาลัยเทคนิคทุ่งสง (รายงานการวิจัยในชั้นเรียน)*. นครศรีธรรมราช: วิทยาเทคนิคทุ่งสง.
- พิชิต ฤทธิจรรณ. (2552). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พิรารวรรณ วัชระพันธ์ และอุฤทธิ์ เจริญนิทร์. (2564). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอส*. 16(1) 15-28.
- เพิ่มรุศ บุปผามาตะนัง. (2550). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์เรื่องการหารทศนิยม ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบร่วมมือกันเรียนรู้ (TAI) กับการสอนตามปกติ*. วิทยานิพนธ์กศ.ม. มหาสารคาม : มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- เยาว์ประภา สิงห์มหาไชย. (2561). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบอุปนัยและนิรนัย ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง ลำดับ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*. 12(3). 147-159.
- รมิตา ชื่นเปรมชีพ, พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ และวรากร เฮงปัญญา. (2560). *ผลของกลยุทธ์การแก้โจทย์ปัญหาเชิงตรรกะที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 12 (1), 155-171.

รายงานการประเมินตนเองของสถานศึกษา (SAR) ปีการศึกษา 2563. (2564). ผลการประเมิน
ระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET). จาก

https://issuu.com/kruevesu/docs/sar_63

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. (2565). ข้อมูลพื้นฐานโรงเรียน. กภาพสินธุ์.

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. (2565). ประวัติหน่วยงาน. กภาพสินธุ์.

โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร. (2565). ข้อมูลสารสนเทศ. กภาพสินธุ์.

วิไลวรรณ เอื้อสุวรรณ. (2531). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนรู้
วิชาคณิตศาสตร์เรื่อง โจทย์ปัญหาการบวก ลบ คูณ หาร ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4
โรงเรียนอินทร์มพรรยอนุสรณ์อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรปราการ ที่มีระดับความสามารถ
ทางการเรียนแตกต่างกัน โดยใช้วิธีสอนแบบวรรณีกับวิธีสอนของ สสวท. ปริญญาโท กศ.
ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

เวชฤทธิ์ อังกะนภัทรขจร. (2555). ทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์. ภาควิชาการจัดการ
เรียนรู้คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

ศรีทอง มีทาทอง. (2534). การทดลองวิธีสอนคณิตศาสตร์ที่มีกระบวนการสร้างความคิดรวบยอดใน
เรื่อง โจทย์ปัญหาการคูณการหารของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2. ปริญญาโท กศ.ม.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ศูนย์พัฒนาหลักสูตร กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. (2543). การเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการ
คิด. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม
วิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอน
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). ทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์.
ทักษะ กระบวนการทางกรุงเทพฯเจริญการพิมพ์.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม เคมี 2.
กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ สกสคลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด กลุ่ม
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560). กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- สรชัย พิศาลบุตร. (2549). *การทำวิจัยในชั้นเรียน: เรียนรู้กันได้ใน 5 ชั่วโมง (พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: วิทยาพัฒนา.
- สมศักดิ์โสภณพินิจ. (2537). “ยุทธวิธีการแก้ปัญหาเชิงคณิตศาสตร์กับการสอน,” *วิทยาศาสตร์บูรพา*. 2(2) : 61-72 ; กรกฎาคม-ธันวาคม.
- สุวรรณ กาญจนมยุร. (2533). *เทคนิคการสอนคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา เล่ม 3*. กรุงเทพฯ :ไทยวัฒนาพานิช.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีจัดการเรียนรู้ เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *วิธีการเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้และทักษะ*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2547). *กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สาวิตรี มูลสุวรรณ. (2557). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกลวิธีเอพีโอพีเอสที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สิริพร ทิพย์คง. (2544). *การแก้ปัญหาคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สิรินธร สิ้นจินดาวงศ์. (2547). *วิธีการวิเคราะห์ข้อสอบ*. [ออนไลน์]. ได้จาก : <http://dspace.spu.ac.th/handle/123456789/1986>. [สืบค้นเมื่อ วันที่ 6 ธันวาคม 2565]
- โสมภักดิ์ สุวรรณ. (2554). *การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเศษส่วน โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลลำพูน*. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- หน่วยศึกษานิเทศก์. (2545). *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- อนันต์โพธิกุล. (2543). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบบูรณาการเชิงวิธีการกับการสอนตามคู่มือครู*. ปริญญาโท กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อมรรัตน์ บัวจำรัส. (2560). *การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและความสามารถในการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาคณิตศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา

อัมพร ชัยฤทธิ์. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดวิเคราะห์ และเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบอุปนัยร่วมกับนิรนัยและแบบปกติ*. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

อุดมสิน อนุมาตย์. (2553). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การบวกและการลบจำนวนที่มีผลลัพธ์และตัวตั้งไม่เกิน 100 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การสอนแบบนิรนัย*. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

Anderson, R. C. (1977). *The notion of schemata and the educational enterprise: General discussion of the conference*. In R. C. Anderson & R. J. Spiro (Eds.), *Schooling and the acquisition of knowledge* (pp. 415-431). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum

Bibih, H., Euis E.R., & Bambang A. (2018). *Application of Inductive – Deductive approach to improve the ability of Mathematical communication and self efficacy of junior high school student*. Journal of Innovative Mathematics Learning.

Buachamrat, A. (2017). *Study of problem solving ability and mathematical communication ability on application of linear equations to one variable of MathayomSuksa 2 students using FOPS strategies*. Master of Science thesis Mathematics Education College Nakhon Ratchasima Rajabhat University, Nakhon Ratchasima. (In Thai)

Charles, R.I. and Lester, F.K. (1982). *Teaching problem solving : What, why and how*. Palo Alto, CA: Dale Seymour.

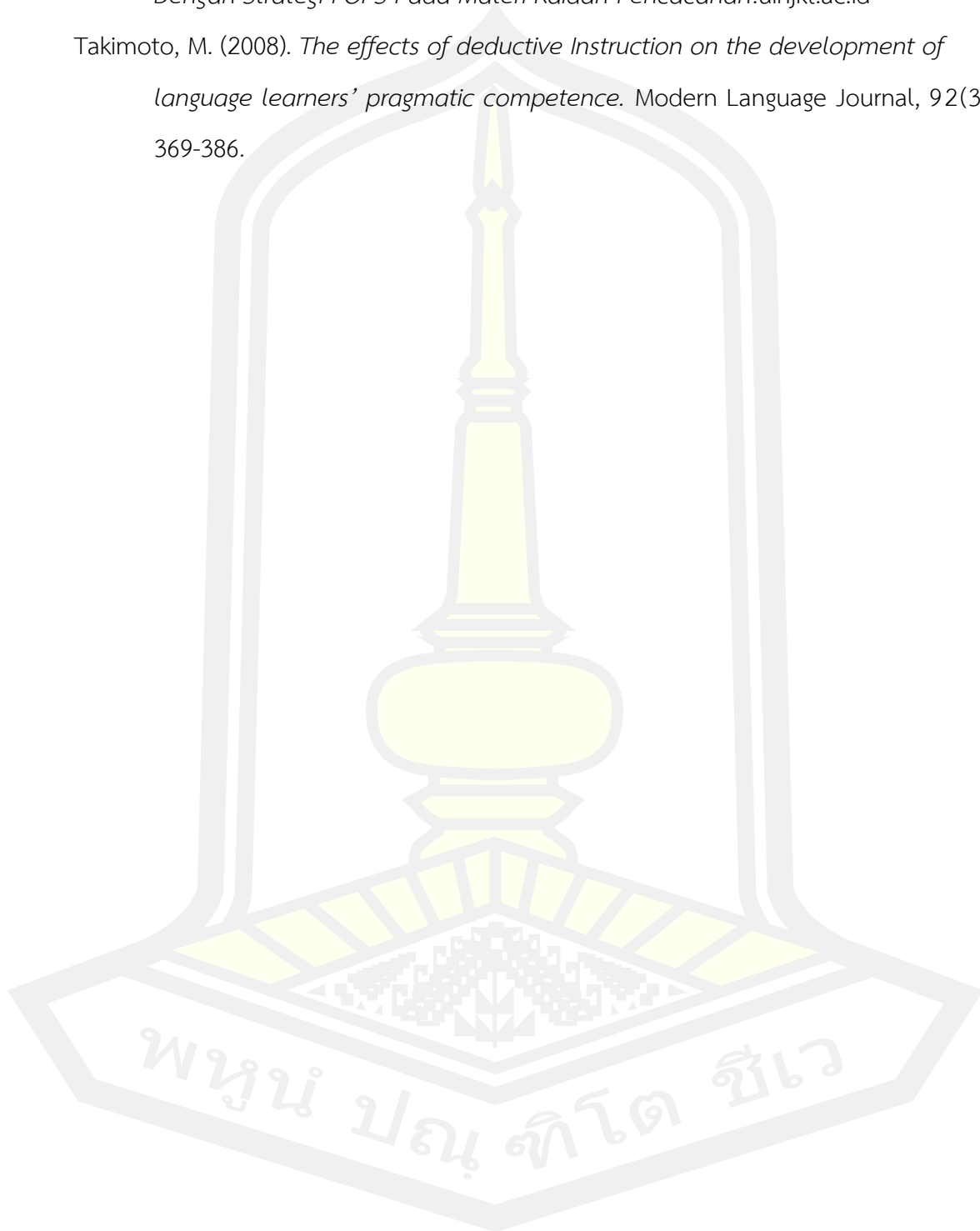
Cronbach, L. J. (1951). *Coefficient alpha and the internal structure of tests*. Psychometrika, 16(3), 297-334.

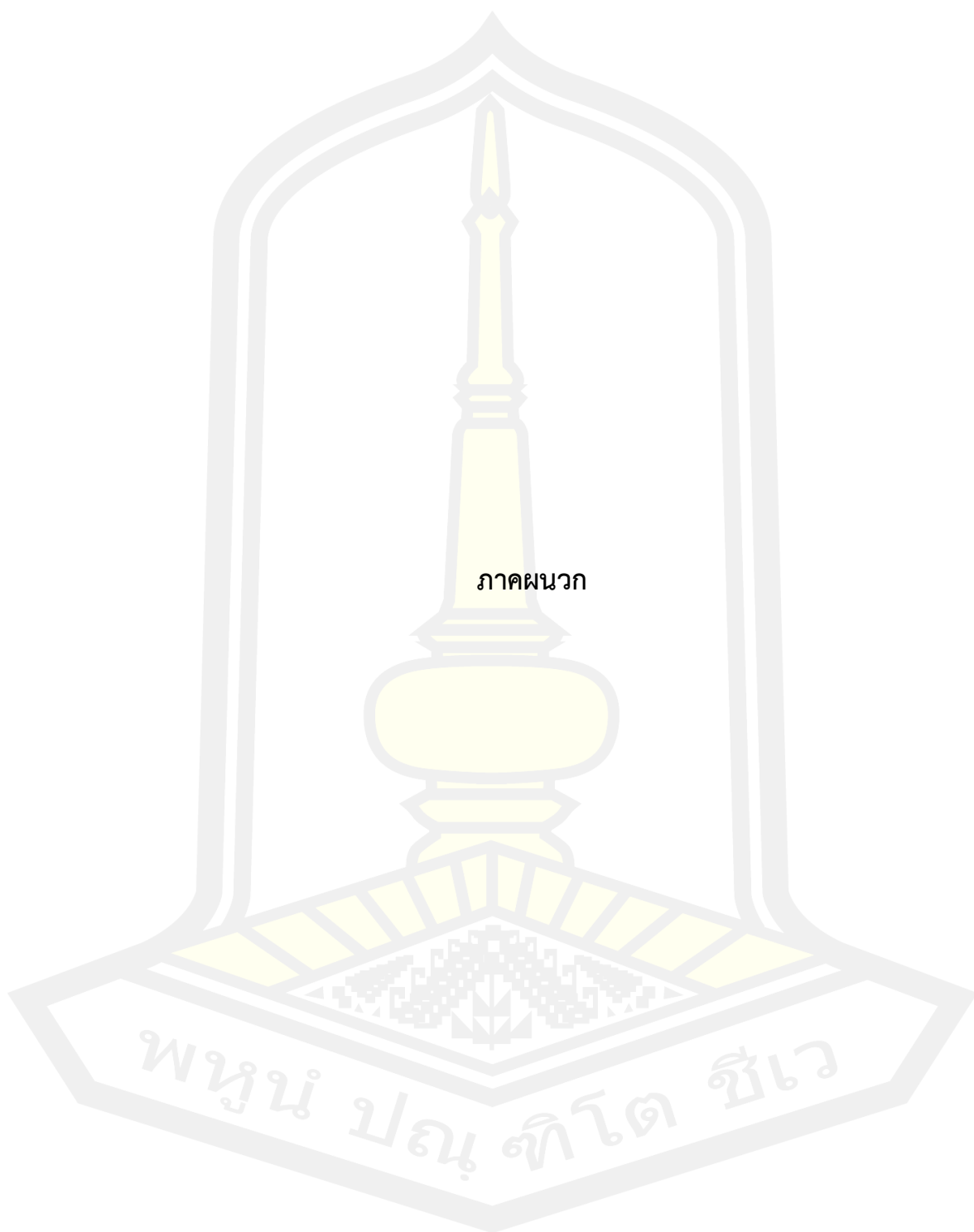
- Dalziel, K. H. , Grismer, L. , & Thompson, S. (2008). *Teaching and Learning Research Exchange Exploring Cognitive Strategy Instruction (SCI), Schema-Based Instruction (SBI), and Strategic Content Learning (SCI) with Students with Learning and Developmental Disabilities in Higher-Order Mathematics: Two*
- Devine T.G. (1986). *Teaching reading comprehension from theory to practice*. Newton : Allyn and Bacon.
- Dewey, John. (1976). *Moral Principle in Education*. MA: Houghton Mifflin.
- Eggen, Pual D., Donald P. Kauchak and Robert J. Harder. (1979). *Strategies for Teacher Information Processing Models in the Classroom*. New Jersey: Englewood Cliffs Prentice – Hill.
- Gabeel, D. (1999). *Improving Teaching and Learning Through Chemistry Education Research: A Look to the Future*. Journal of Chemical Education, 74(4), 548–553.
- Herganahahn, B.R. and Olson, M. (1993). *An introduction to theories of learning 4th ed*. United States: Prentice Hall.
- Jitendra, A. K. , & Hoff, K. (1996). *The Effects of Schema-Based Instruction on the Mathematical Word- Problem-solving Performance of Students with Learning Disabilities*. Journal of Learning Disabilities, 29 (4), 422-443.
- Jitendra, A. K. , & et al. (2010). *Schema-Based Instruction: Facilitating Mathematical Word Problem Solving for Students with Emotional and Behavioral Disorders*. Preventing School Failure, 54 (3), 145–151.
- Jitendra, A. K. , & Star. J. R. (2011). *Meeting the Needs of Students With Learning Disabilities in Inclusive Mathematics Classrooms: The Role of Schema-Based Instruction on Mathematical Problem Solving*. Theory into Practice, 50 (1), 12–19.
- Kemmis and McTaggart. (1988). *The Action Research Planner*. Australia: Distributed By Deakin University.

- Krulik, S. and Jesse A. Rudnick. (1996). *The New Sourcebook for Teaching Reasoning and Problem Solving in Junior and Senior High School*. Boston: Allyn and Bacon.
- Larkin, J.H. and Brackett, G.C. (1976). Teaching general learning and problem-solving skills. *American Journal of Physics*, 44(3), 212-217.
- Marshall, S. (1995). *Schemas in problem solving*. New York : Cambridge University.
- Mcgriff, J.S., et al. (2000). *A Problem Solving Assessment Instrument*. Retrieved from: <http://www.personol.psu.edu/faculty/s/j/sjm256/portfolio/kbase/Research&Evaluation/ProblemSolving.pdf>.
- Na,K. E. (2009). *The Effect of Schema – Based Intervention on the Mathematical Word Problem Solving Skills of Middle School Students with Learning Disabilities* The University of Texas at Austin.
- Paul J. Riccomini, Jiwon Hwang and Stephanie Morano. (2016). *Developing Mathematical Problem Solving Through Strategic Instruction: Much More Than a Keyword" In Instructional Practices with and without Empirical Validity*. Published online: 29 Jun 2016; 39-60.
- Polya, G. (1957). *How to Solve it*. New York: Doubleday & Company.
- Polya, G. (2004). *How to Solve : A New Aspect of Mathematical Method*. New York: Princeton University Press.
- Reys, R. E., Suydam, M. N., & Lindquist, M. M. (1995). *Helping children learn mathematics (4th ed)*. Boston: Allyn and Bacon.
- Rockwell, Sarah B. (2012). *Teaching students with autism to solve additive word problems using schema-based strategy instruction*. Ed.D.
- Schwab, J. R., Tucci, S., & Jolivette, K. (2013). *Integrating schema-based instruction and response cards for students with learning disabilities and challenging behaviors*. *BeyondBehavior*, 22, 24-30
- Skinner, B.F. (1938). *The behavior of organisms: An experimental analysis*. New York: Appleton-Century-Crofts

Skripsi, B. (2022). *Pengembangan Bahan Ajar Model Schema-Based Instruction (SBI) Dengan Strategi FOPS Pada Materi Kaidah Pencacahan*.uinjkt.ac.id

Takimoto, M. (2008). *The effects of deductive Instruction on the development of language learners' pragmatic competence*. *Modern Language Journal*, 92(3), 369-386.





ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและหนังสือขอความ
อนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- 1) รศ.ดร.ประสาธ เนืองเฉลิม ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 2) ดร.มังกร ศรีสะอาด ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- 3) นางบรรดล ภูبانเข้า ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร
- 4) นายปฏิวัติ ไชยมาตร ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนยางตลาดวิทยาคาร
- 5) นางสาวสุรียรัตน์ อุ้งสูงเนิน ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนยางตลาด
วิทยาคาร





บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ฮว 0605.5(2)/ว08 วันที่ 3 มกราคม 2566

เรื่อง ขออนุมัติครุภัณฑ์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ประสพ เมืองเฉลิม

ด้วย นางสาวมณิธา ประเสริฐไทย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง “ปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขออนุมัติครุภัณฑ์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

มธว ๕๗ ๖๗



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ งานวิชาการและบัณฑิตศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม โทร 6216
ที่ ฮว 0605.5(2)/ว08 วันที่ 3 มกราคม 2566

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน ดร.มังกร ศรีสะอาด

ด้วย นางสาวมณิธา ประเสริฐไทย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง “ปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



ที่ ฮว 0605.5(2)/ว3470

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

28 ธันวาคม 2565

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางบรรดล ภูพานเข้า

ด้วย นางสาวมณิธา ประเสริฐไทย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



ที่ อว 0605.5(2)/ว3470

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

28 ธันวาคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นายปฏิวัติ ไชยมาตร

ด้วย นางสาวณัฏริรา ประเสริฐไทย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์



ที่ ฮว 0605.5(2)/ว3470

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

28 ธันวาคม 2565

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เรียน นางสาวสุรีย์รัตน์ อยู่สูงเนิน

ด้วย นางสาวมณิระ ประเสริฐไทย นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร (กศ.ม.) การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญญารัตน์ โคจร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ในครั้งนี้

เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อย และบรรลุตามวัตถุประสงค์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรอบรู้ ความสามารถ และมีประสบการณ์ ในเรื่องนี้เป็นอย่างดี จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เพื่อนิสิตจะนำข้อมูลที่ได้ไปดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงได้รับความกรุณาจากท่านด้วย และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงศักดิ์ กุสีอ่อน)
รองคณบดี ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาคผนวก ข ผลการพิจารณาคูณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย



ตารางที่ 15 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับ
กลวิธีเอฟไอพีเอสโดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									รวม	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1.1 ครอบคลุมจุดประสงค์และเนื้อหาที่กำหนด	4.4	4.4	4.4	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.6	4.5	มาก
1.2 สารสำคัญมีความกะทัดรัดได้ใจความชัดเจนสมบูรณ์	4.4	4.6	4.6	4.8	4.8	4.6	4.8	4.8	4.8	4.7	มากที่สุด
1.3 สารสำคัญสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดในหลักสูตร	4.6	4.6	4.6	5	5	4.6	5	4.8	5	4.8	มากที่สุด
1.4 สารสำคัญเหมาะสมกับวัยของของผู้เรียน	4.2	4.4	4.4	4.6	4.6	4.4	4.6	4.6	4.6	4.5	มาก
2.1 ระบุความสามารถของนักเรียนที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.8	4.8	4.8	4.7	มากที่สุด
2.2 สามารถประเมินผลได้จริง	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.5	มาก
2.3 จุดประสงค์เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.5	มาก

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									รวม	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
3.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.6	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	5	4.8	5	4.8	มากที่สุด
3.2 บอกขอบข่ายของเนื้อหาที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้	4.6	4.8	4.8	4.8	4.8	5	5	5	5	4.9	มากที่สุด
3.3 สาระการเรียนรู้มีความถูกต้อง	4.6	4.8	4.8	4.8	4.8	5	5	5	5	4.9	มากที่สุด
4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.6	4.8	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	4.2	4.6	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	มาก
4.3 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4.4	4.8	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	มากที่สุด
5.1 ได้รับความสนใจของผู้เรียน	4	4	4	4.4	4	4.4	4.2	4	4.2	4.1	มาก
5.2 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4.4	4.6	4.4	4.8	4.4	4.6	4.6	4.4	4.6	4.5	มาก
5.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	4.4	4.2	4.6	4.2	4.4	4.4	4.2	4.4	4.3	มาก
5.4 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.2	4.4	4.2	4.6	4.2	4.4	4.4	4.2	4.4	4.3	มาก

ตารางที่ 15 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้									รวม	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
5.5 กิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	4.2	4.6	4.4	4.8	4.4	4.6	4.6	4.4	4.6	4.5	มาก
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาให้กับนักเรียน	4.4	4.6	4.4	4.8	4.4	4.6	4.6	4.4	4.6	4.5	มาก
5.7 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความรู้ด้วยตนเอง	4.4	4.6	4.4	4.8	4.4	4.8	4.6	4.6	4.6	4.6	มากที่สุด
6.1 สื่อการเรียนการสอนสอดคล้องกับการเรียนรู้	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	มาก
6.2 สื่อการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	มาก
รวม	4.4	4.5	4.5	4.6	4.5	4.6	4.6	4.6	4.6	4.5	มาก



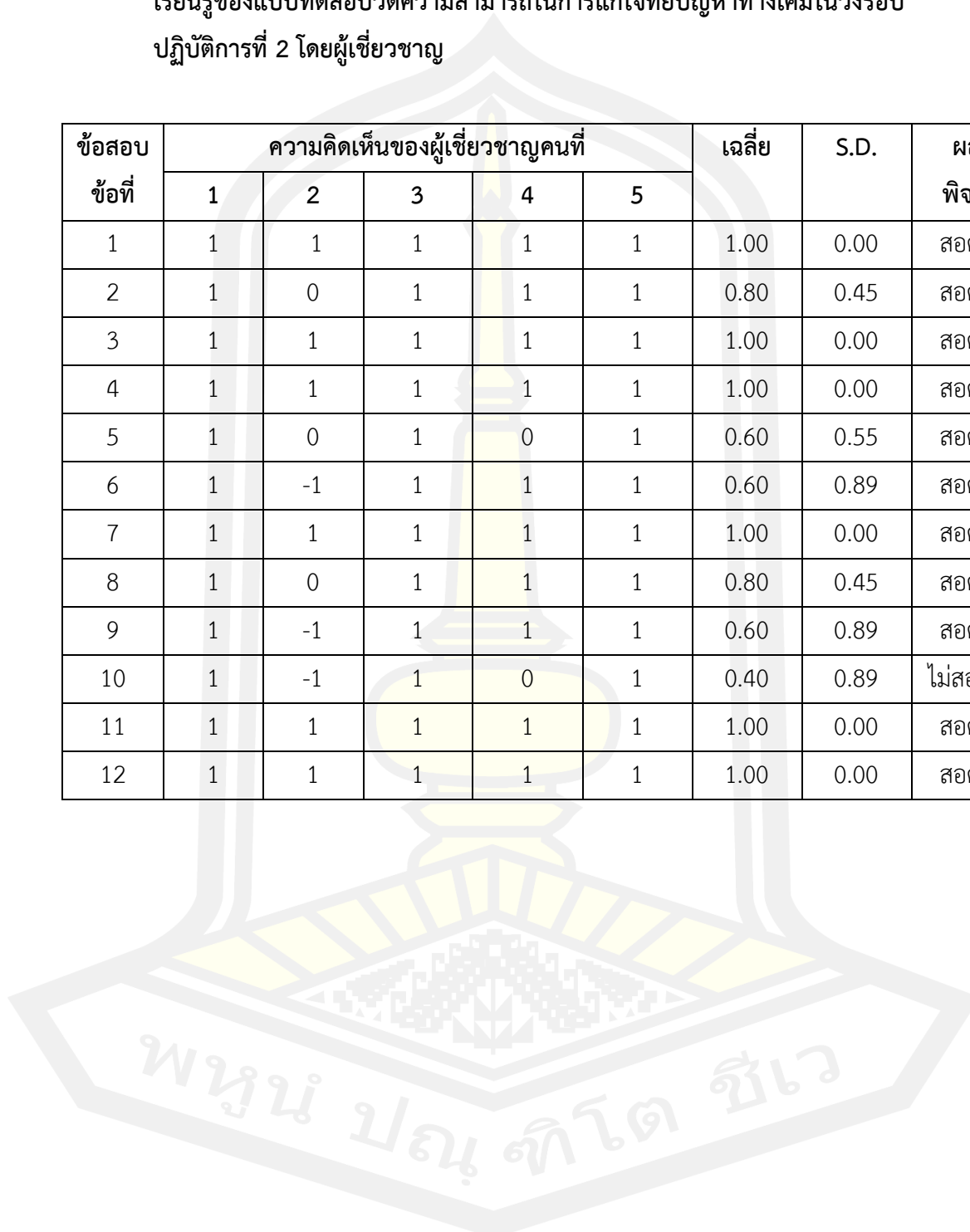
ตารางที่ 16 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างโจทย์ปัญหา กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในวงรอบปฏิบัติการที่ 1 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					เฉลี่ย	S.D.	ผลการ พิจารณา
	1	2	3	4	5			
1	1	0	1	1	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
2	1	-1	1	1	1	0.60	0.89	สอดคล้อง
3	1	0	1	1	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
4	1	-1	1	1	1	0.60	0.89	สอดคล้อง
5	1	0	1	1	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
6	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
8	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
9	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
10	1	0	1	0	1	0.60	0.55	สอดคล้อง
11	1	1	1	0	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
12	1	1	1	0	1	0.80	0.45	สอดคล้อง



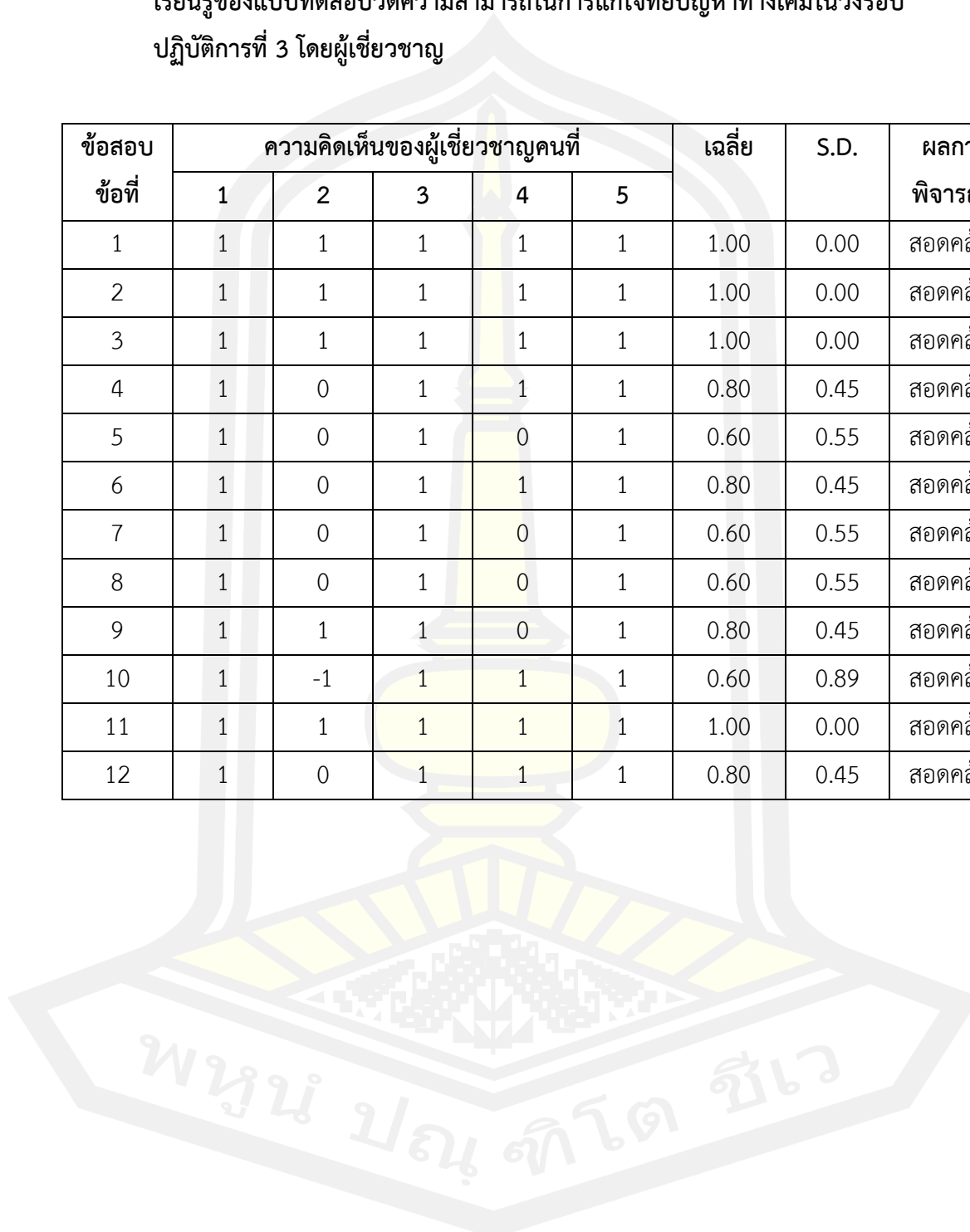
ตารางที่ 17 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างโจทย์ปัญหา กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในวงรอบปฏิบัติการที่ 2 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					เฉลี่ย	S.D.	ผลการ พิจารณา
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
2	1	0	1	1	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
4	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
5	1	0	1	0	1	0.60	0.55	สอดคล้อง
6	1	-1	1	1	1	0.60	0.89	สอดคล้อง
7	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
8	1	0	1	1	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
9	1	-1	1	1	1	0.60	0.89	สอดคล้อง
10	1	-1	1	0	1	0.40	0.89	ไม่สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
12	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง



ตารางที่ 18 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างโจทย์ปัญหา กับจุดประสงค์การเรียนรู้ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในวงรอบปฏิบัติการที่ 3 โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อสอบ ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญคนที่					เฉลี่ย	S.D.	ผลการ พิจารณา
	1	2	3	4	5			
1	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
2	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
3	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
4	1	0	1	1	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
5	1	0	1	0	1	0.60	0.55	สอดคล้อง
6	1	0	1	1	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
7	1	0	1	0	1	0.60	0.55	สอดคล้อง
8	1	0	1	0	1	0.60	0.55	สอดคล้อง
9	1	1	1	0	1	0.80	0.45	สอดคล้อง
10	1	-1	1	1	1	0.60	0.89	สอดคล้อง
11	1	1	1	1	1	1.00	0.00	สอดคล้อง
12	1	0	1	1	1	0.80	0.45	สอดคล้อง



ตารางที่ 19 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบการวัด
ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี

วงจรปฏิบัติการที่ 1				วงจรปฏิบัติการที่ 2			
ข้อ ที่	ค่าความ ยาก (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	ผลการ พิจารณา	ข้อ ที่	ค่าความ ยาก (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	ผลการ พิจารณา
1	0.66	0.35	ใช้ได้	1	0.55	0.45	ใช้ได้
2	0.53	0.47	ใช้ได้	2	0.44	0.42	ใช้ได้
3	0.46	0.41	ใช้ได้	3	0.56	0.44	ใช้ได้
4	0.50	0.50	ใช้ได้	4	0.43	0.43	ใช้ได้
5	0.56	0.31	ใช้ได้	5	0.48	0.48	ใช้ได้
6	0.44	0.32	ใช้ได้	6	0.46	0.40	ใช้ได้
7	0.53	0.35	ใช้ได้	7	0.46	0.46	ใช้ได้
8	0.43	0.26	ใช้ได้	8	0.41	0.31	ใช้ได้
9	0.38	0.38	ใช้ได้	9	0.46	0.36	ใช้ได้
10	0.50	0.38	ใช้ได้	10	0.39	0.36	ใช้ได้
11	0.01	0.01	ใช้ไม่ได้	11	0.36	0.19	ใช้ไม่ได้
12	0.56	0.44	ใช้ได้				



ตารางที่ 19 (ต่อ)

วงจรปฏิบัติการที่ 3			
ข้อ ที่	ค่าความ ยาก (p)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	ผลการ พิจารณา
1	0.75	0.15	ใช้ไม่ได้
2	0.62	0.28	ใช้ได้
3	0.50	0.50	ใช้ได้
4	0.50	0.50	ใช้ได้
5	0.48	0.35	ใช้ได้
6	0.47	0.33	ใช้ได้
7	0.52	0.45	ใช้ได้
8	0.47	0.40	ใช้ได้
9	0.50	0.50	ใช้ได้
10	0.32	0.32	ใช้ได้
11	0.20	0.20	ใช้ได้
12	0.50	0.50	ใช้ได้

ตารางที่ 20 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (α) ของแบบการวัดความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาทางเคมี

วงจรปฏิบัติการที่	ค่าความเชื่อมั่น (α)	ผลการพิจารณา
1	0.9398	มีความเชื่อถือได้สูงมาก
2	0.9018	มีความเชื่อถือได้สูงมาก
3	0.9272	มีความเชื่อถือได้สูงมาก

ตารางที่ 21 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาตามกลวิธีเอฟโอพีเอส

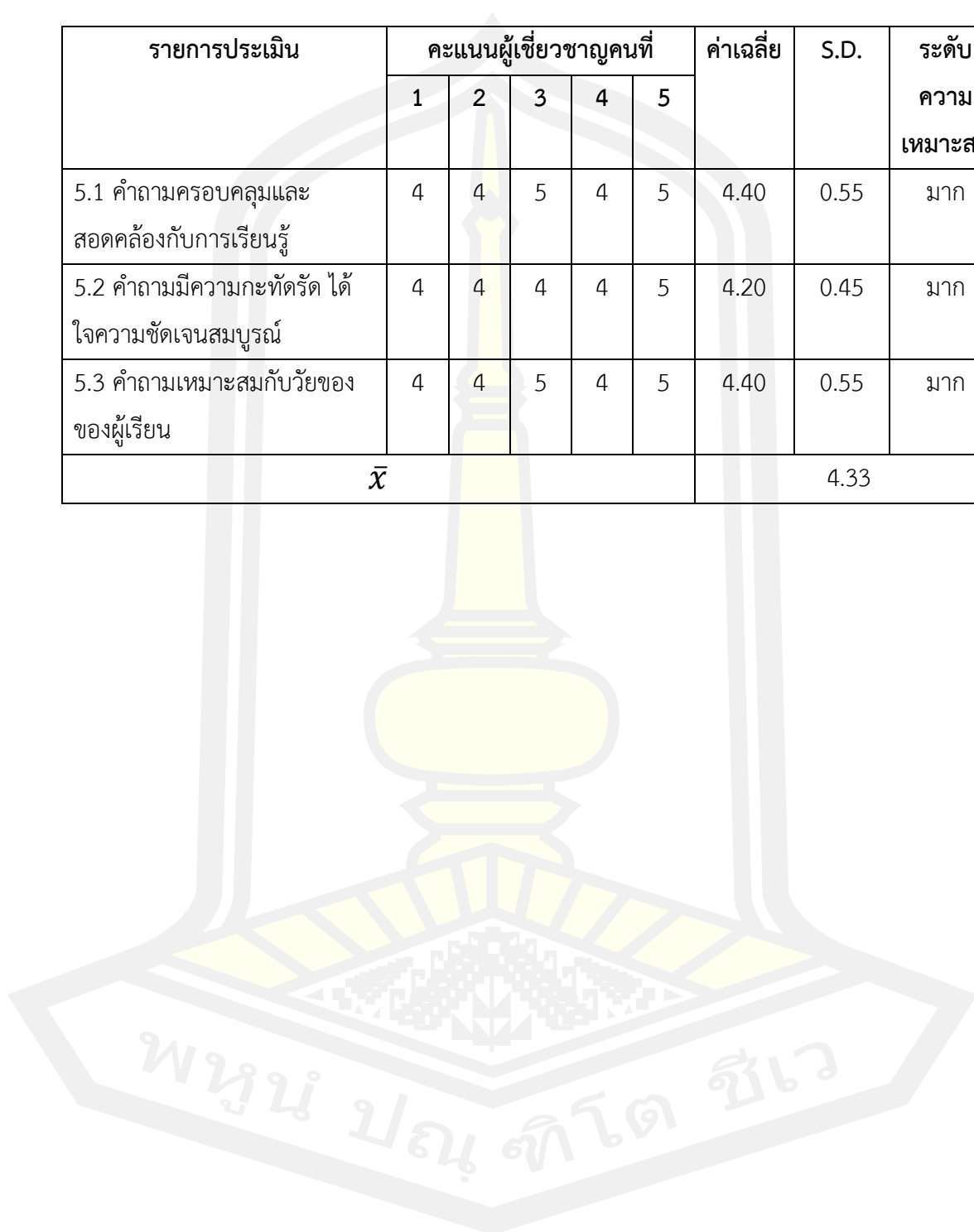
รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1.1 ระบุความสามารถของ นักเรียนที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
1.2 สามารถประเมินผลได้จริง	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
1.3 เหมาะสมกับวัยของของ ผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
2.1 ระบุความสามารถของ นักเรียนที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
2.2 สามารถประเมินผลได้จริง	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
2.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
3.1 ระบุความสามารถของ นักเรียนที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 สามารถประเมินผลได้จริง	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
3.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	5	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.1 ระบุความสามารถของ นักเรียนที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
4.2 สามารถประเมินผลได้จริง	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
4.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	5	5	4	4.40	0.55	มาก
\bar{x}						4.38		

ตารางที่ 22 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสัมภาษณ์นักเรียน

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1.1 คำถามครอบคลุมและ สอดคล้องกับการเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
1.2 คำถามมีความกะทัดรัด ได้ ใจความชัดเจนสมบูรณ์	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
1.3 คำถามเหมาะสมกับวัยของ ของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
2.1 คำถามครอบคลุมและ สอดคล้องกับการเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
2.2 คำถามมีความกะทัดรัด ได้ ใจความชัดเจนสมบูรณ์	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
2.3 คำถามเหมาะสมกับวัยของ ของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
3.1 คำถามครอบคลุมและ สอดคล้องกับการเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
3.2 คำถามมีความกะทัดรัด ได้ ใจความชัดเจนสมบูรณ์	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
3.3 คำถามเหมาะสมกับวัยของ ของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
4.1 คำถามครอบคลุมและ สอดคล้องกับการเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
4.2 คำถามมีความกะทัดรัด ได้ ใจความชัดเจนสมบูรณ์	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
4.3 คำถามเหมาะสมกับวัยของ ของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก

ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
5.1 คำถามครอบคลุมและ สอดคล้องกับการเรียนรู้	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
5.2 คำถามมีความกะทัดรัด ได้ ใจความชัดเจนสมบูรณ์	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
5.3 คำถามเหมาะสมกับวัยของ ของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
\bar{x}						4.33		



ตารางที่ 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแบบสังเกตพฤติกรรมการแก้โจทย์ปัญหา
ของนักเรียน

รายการประเมิน	คะแนนผู้เชี่ยวชาญคนที่					ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1.1 ระบุพฤติกรรมความสามารถ ของนักเรียนที่ต้องการสังเกตชัดเจน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
1.2 สามารถประเมินผลได้จริง	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
1.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
2.1 ระบุพฤติกรรมความสามารถ ของนักเรียนที่ต้องการสังเกตชัดเจน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
2.2 สามารถประเมินผลได้จริง	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
2.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
3.1 ระบุพฤติกรรมความสามารถ ของนักเรียนที่ต้องการสังเกตชัดเจน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
3.2 สามารถประเมินผลได้จริง	4	4	4	4	5	4.20	0.45	มาก
3.3 เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	4	4	5	4	5	4.40	0.55	มาก
\bar{x}						4.33		

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แผนการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟ
ไอพีเอส



ระหว่างการเดือดของน้ำ ไม่ใช่ปฏิกิริยาเคมีแต่เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เพราะน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น ในทางตรงกันข้าม ปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบ เช่น สารละลายกรดทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง แต่สามารถทดสอบได้ด้วยการใช้อุปกรณ์วัดค่า pH

5. สารการเรียนรู้

เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิดเมื่อทราบสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์

6. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้

จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส

ขั้นที่ 1 กำหนดขอบเขตของปัญหา

1.1 นักเรียนแบ่งกลุ่มอย่างอิสระ กลุ่มละ 5 คน เพื่อส่งเสริมการทำงานร่วมกันของนักเรียนและเพื่อให้นักเรียนสามารถแสดงความคิดเห็นในการแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างอิสระ

1.2 ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยยกตัวอย่างสถานการณ์โจทย์ปัญหา ดังนี้

1.2.1 การสังเคราะห์แอมโมเนีย (NH_3) ในโรงงานแห่งหนึ่งเกิดจากการนำแก๊สไนโตรเจน (N_2) มาทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ซึ่งพบว่าที่สภาวะ STP ใช้แก๊สไนโตรเจน 112 ลิตร และใช้แก๊สไฮโดรเจน 67.2 ลิตร นักเรียนคิดว่าสามารถคำนวณหาค่าอะไรได้บ้างจากสถานการณ์นี้

ขั้นที่ 2 แสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ

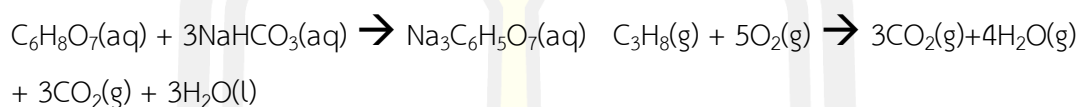
2.1 ครูสอนเนื้อหา เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ดังนี้

ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่ทำให้สารตั้งแต่ 1 ชนิดเปลี่ยนเป็นสารชนิดใหม่ โดยอะตอมหรือไอออนของสารตั้งต้นจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างและสมบัติต่างจากสารตั้งต้น เช่น ปฏิกิริยาของกรดซัลฟูริกและโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนตในยาลดกรดเมื่อละลายในน้ำได้โซเดียมซัลเฟต แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของแก๊สของแก๊สหุงต้มหรือแก๊สโพรเพนกับแก๊สออกซิเจนได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ



ก) ปฏิกิริยาเคมีในยาลดกรดเมื่อละลายน้ำ

ข) ปฏิกิริยาการเผาไหม้แก๊สโพรเพนในแก๊สหุงต้ม



รูปแสดงปฏิกิริยาเคมีบางชนิด

การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นด้วยประสาทสัมผัสได้ชัดเจน เช่น การเกิดฟองแก๊ส การเกิดตะกอน การเกิดกลิ่น การเปลี่ยนสี การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของอุณหภูมิ อาจบ่งชี้ได้ว่าที่สารใหม่เกิดขึ้น และการเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นปฏิกิริยาเคมี อย่างไรก็ตาม การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้ชัดเจน อาจไม่ใช่ปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงนั้นไม่ทำให้เกิดสารใหม่ เช่น ฟองแก๊สที่เกิดขึ้นระหว่างการเดือดของน้ำ ไม่ใช่ปฏิกิริยาเคมีแต่เป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ เพราะน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นไอน้ำ ไม่มีสารใหม่เกิดขึ้น ในทางตรงกันข้าม ปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบ เช่น สารละลายกรดทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง แต่สามารถทดสอบได้ด้วยการใช้อุปกรณ์วัดค่า pH

2.2 นักเรียนร่วมกันสรุปทฤษฎี หลักการ กฎ สารสำคัญที่ได้จากการเรียนรู้

ขั้นที่ 3 ใช้ทฤษฎี หลักการ

3.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมารับใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี และกระดาษโน้ต

3.2 ครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ ขั้นตอนการทำกิจกรรมและแนวทางในการแก้โจทย์ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟไอพีเอสทั้ง 4 ขั้นตอนอย่างละเอียด

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำทฤษฎี หลักการที่ได้เรียนรู้จากครูมาใช้ในการหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ครูให้ไว้ในขั้นแรก จากนั้นเขียนบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำกระดาษโน้ตคำตอบมาติดไว้บนกระดานในแต่ละข้อของใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

3.5 ครูสุ่มตัวแทนนักเรียน 2 กลุ่ม ออกมานำเสนอแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาจากสถานการณ์ของกลุ่มตนเองด้วยกลวิธีเอฟโอพีเอสทั้ง 4 ขั้นตอน โดยนำไปกิจกรรมมาด้วย

ขั้นที่ 4 ตรวจสอบและสรุป

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตรวจสอบทฤษฎี หลักการ กฎและสูตรทางเคมีที่ใช้ว่าถูกต้องสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากหนังสือเรียน อินเทอร์เน็ต หรืออาจปรึกษาครูผู้สอน จากนั้นเขียนระบุลงในส่วนท้ายของใบกิจกรรมที่ 1.1 และกระดาษโน้ตที่ครูแจกให้

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำกระดาษโน้ตที่ตรวจสอบความถูกต้องสมเหตุสมผลมาติดไว้บนกระดาษจากนั้นนักเรียนร่วมกันตรวจสอบแนวคิดของแต่ละกลุ่มบนกระดาน

4.3 นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ลงในสมุดจดของตนเอง

ขั้นที่ 5 ฝึกปฏิบัติ

5.1 นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปฏิกริยาเคมี เป็นรายบุคคล

5.3 ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

7. วัดและการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้			
	รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K) 1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของปฏิกริยาเคมีได้	การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) เรื่อง ปฏิกริยาเคมี	แบบฝึกหัดที่ 1	แบบประเมินความรู้ความเข้าใจ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี	นักเรียนได้คะแนนตอนที่ 1 ของแบบฝึกหัด ร้อยละ 70 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์
ด้านกระบวนการ (P) 2. นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาในการคำนวณจำนวนโมลในปฏิกริยาเคมีได้	การประเมินระหว่างการจัดกิจกรรม 1) เรื่อง ปฏิกริยาเคมี	แบบฝึกหัดที่ 1	แบบประเมินทักษะกระบวนการเรื่องปฏิกริยาเคมี	นักเรียนได้คะแนนตอนที่ 2 ของแบบฝึกหัด ร้อยละ 70 ขึ้นไป ผ่านเกณฑ์

จุดประสงค์การเรียนรู้	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้			
	รายการวัด	วิธีการ	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
ด้านคุณลักษณะ (A) 3. นักเรียนให้ความร่วมมือในชั้นเรียน	2) คุณลักษณะอันพึงประสงค์	สังเกตความ ให้ ร่วมมือในชั้นเรียน	แบบประเมิน คุณลักษณะ อันพึง ประสงค์	นักเรียนได้คะแนน จากแบบ สังเกต ร้อยละ 70 ขึ้นไป

8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

8.1 สื่อการเรียนรู้

8.1.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

8.1.2 ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

8.1.3 แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

8.2 แหล่งการเรียนรู้

8.2.1 ห้องสมุด

8.2.2 แหล่งข้อมูลสารสนเทศ สื่ออินเทอร์เน็ต

9. เอกสารอ้างอิง

9.1 หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

10. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้

1. สรุปผลการจัดการเรียนรู้

นักเรียนจำนวน.....คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน

คิดเป็นร้อยละ.....

ไม่ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คน

คิดเป็นร้อยละ.....

.....

.....

.....

2. ปัญหา/อุปสรรค

.....

.....

.....

3. แนวทางการแก้ไข/แนวทางการพัฒนา

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(นางสาวมณิธา ประเสริฐไทย)

ครูผู้สอน

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

พหุบัน ปณ ทัโต ชัย

ใบกิจกรรมที่ 1.1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

สมาชิกกลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....

- 1..... เลขที่.....
- 2..... เลขที่.....
- 3..... เลขที่.....
- 4..... เลขที่.....
- 5..... เลขที่.....

สถานการณ์โจทย์ปัญหา

การสังเคราะห์แอมโมเนีย (NH_3) ในโรงงานแห่งหนึ่งเกิดจากการนำแก๊สไนโตรเจน (N_2) มาทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจน (H_2) ซึ่งพบว่าที่สภาวะ STP ใช้แก๊สไนโตรเจน 112 ลิตร และใช้แก๊สไฮโดรเจน 67.2 ลิตร นักเรียนคิดว่าสามารถคำนวณหาค่าอะไรได้บ้างจากสถานการณ์นี้

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F) (นักเรียนต้องระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

.....

.....

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O) (นักเรียนต้องนำเสนอข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดยใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแสดงแทนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P) (นักเรียนต้องเปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ ไปสู่การเลือกใช้สูตรสมการในการแก้โจทย์ปัญหาได้)

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S) (นักเรียนต้องแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการคำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และถูกต้อง)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

(ทฤษฎี หลักการ และกฎที่ใช้ถูกต้อง สมเหตุสมผลหรือไม่
ตอบ.....)

แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปฏิกริยาเคมี

ชื่อ..... ชั้น..... เลขที่.....

ตอนที่ 1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

จงอธิบายความหมายของปฏิกริยาเคมีพร้อมยกตัวอย่างสิ่งที่เป็นปฏิกริยาเคมี

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดตามขั้นตอนของกลวิธีเอฟโอพีเอส

ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง นาย ก กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี ในการเรียนวันหนึ่ง นาย ก ต้องเข้าห้องแลปทำปฏิบัติการ ซึ่งอาจารย์ให้โจทย์ว่า ให้หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จากโซเดียมคลอไรด์ 0.5 กรัม จำนวนโมลของคอปเปอร์ (Cu) จากคอปเปอร์ 800 มิลลิกรัม และให้หาจำนวนโมลของอะซีโตน (C_3H_6O) จากอะซีโตน 50 mL เข้มข้น 4 mol/L เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของสารใหม่ นาย ก จะทำการหาจำนวนโมลของสารทั้งสามได้อย่างไร

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F) (นักเรียนต้องระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

.....

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O) (นักเรียนต้องนำเสนอข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดยใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแสดงแทนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P) (นักเรียนต้องเปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ ไปสู่การเลือกใช้สูตรสมการในการแก้โจทย์ปัญหาได้)

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S) (นักเรียนต้องแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการคำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และถูกต้อง)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P) (นักเรียนต้องเปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพรูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ ไปสู่การเลือกใช้สูตรสมการในการแก้โจทย์ปัญหาได้)
หาจำนวนโมลของแก๊สไนโตรเจน เป็นกี่โมล(mol)

โจทย์กำหนดให้ที่สภาวะ STP ใช้แก๊สไนโตรเจน 112 ลิตร

$$\text{จึงใช้สูตร mol} = \frac{V}{22.4} \text{ หรือใช้แฟกเตอร์คำนวณก็ได้}$$

หาจำนวนโมลของแก๊สไฮโดรเจน เป็นกี่โมล(mol)

โจทย์กำหนดให้ที่สภาวะ STP ใช้แก๊สไฮโดรเจน 67.2 ลิตร

$$\text{จึงใช้สูตร mol} = \frac{V}{22.4} \text{ หรือใช้แฟกเตอร์คำนวณก็ได้}$$

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S) (นักเรียนต้องแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการคำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และถูกต้อง)

หาจำนวนโมลของแก๊สไนโตรเจน

โจทย์กำหนดให้ที่สภาวะ STP ใช้แก๊สไนโตรเจน 112 ลิตร

$$\text{วิธีทำที่ 1 จากสูตร mol} = \frac{V}{22.4}$$

$$\text{แทนค่าจะได้ mol} = \frac{112 \text{ L } N_2}{22.4 \text{ L}}$$

$$\text{mol} = 5 \text{ mol}$$

ดังนั้น ต้องใช้แก๊สไนโตรเจน 112 ลิตร จำนวน 5 โมล

วิธีทำที่ 2 ใช้แฟกเตอร์คำนวณ

$$\text{แก๊สไนโตรเจน } 112 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ L}}$$

$$\text{แก๊สไนโตรเจน} = 5 \text{ mol}$$

หาจำนวนโมลของแก๊สไฮโดรเจน เป็นกี่โมล(mol)

โจทย์กำหนดให้ที่สภาวะ STP ใช้แก๊สไฮโดรเจน 67.2 ลิตร

$$\text{วิธีทำที่ 1 จากสูตร mol} = \frac{V}{22.4}$$

$$\text{แทนค่าจะได้ mol} = \frac{67.2 \text{ L } H_2}{22.4 \text{ L}}$$

$$\text{mol} = 3 \text{ mol}$$

ดังนั้น ต้องใช้แก๊สไฮโดรเจน 67.2 ลิตร จำนวน 3 โมล

วิธีทำที่ 2 ใช้แฟกเตอร์คำนวณ

$$\text{แก๊สไฮโดรเจน } 67.2 \text{ L} \times \frac{1 \text{ mol}}{22.4 \text{ L}}$$

$$\text{แก๊สไฮโดรเจน} = 3 \text{ mol}$$

(ในขั้นนี้นักเรียนสามารถแสดงวิธีทำแบบที่ 1 หรือแบบที่ 2 ก็ได้ตามความถนัดของนักเรียน)



เฉลยแบบฝึกหัดที่ 1 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี

ชื่อ.....ชั้น..... เลขที่.....

ตอนที่ 1

คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

จงอธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมีพร้อมยกตัวอย่างสิ่งที่เป็นปฏิกิริยาเคมี
 ตอบ ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่ทำให้สารตั้งแต่ 1 ชนิดเปลี่ยนเป็นสารชนิดใหม่ โดยอะตอมหรือไอออนของสารตั้งต้นจะเกิดการจัดเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างและสมบัติต่างจากสารตั้งต้น เช่น ปฏิกิริยาของกรดซัลฟิวริกและโซเดียมไฮดรอกไซด์คาร์บอเนตในยาลดกรดเมื่อละลายในน้ำได้โซเดียมซัลเฟต แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของแก๊สของแก๊สหุงต้มหรือแก๊สโพรเพนกับแก๊สออกซิเจนได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และไอน้ำ ซึ่งปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาไม่สามารถสังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลงได้ง่าย ต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบ เช่น สารละลายกรดทำปฏิกิริยากับสารละลายเบสไม่สังเกตเห็นการเปลี่ยนแปลง แต่สามารถทดสอบได้ด้วยการใช้อุปกรณ์วัดค่า pH

ตอนที่ 2

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดตามขั้นตอนของกลวิธีเอฟโอพีเอส

ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งนาย ก กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรีคณะวิทยาศาสตร์สาขาเคมีในการเรียนวันหนึ่งนาย ก ต้องเข้าห้องแลปทำปฏิบัติการ ซึ่งอาจารย์ให้โจทย์ว่าให้หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จากโซเดียมคลอไรด์ 0.5 กรัม จำนวนโมลของคอปเปอร์ (Cu) จากคอปเปอร์ 800 มิลลิกรัม และให้หาจำนวนโมลของอะซีโตน (C_3H_6O) จากอะซีโตน 50 mL เข้มข้น 4 mol/L เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ผลึกของสารใหม่ นาย ก จะทำการหาจำนวนโมลของสารทั้งสามได้อย่างไร

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F) (นักเรียนต้องระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

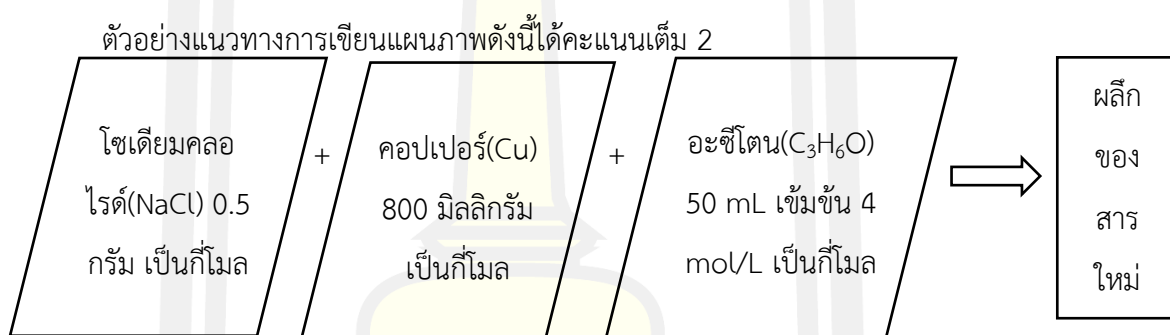
โซเดียมคลอไรด์(NaCl) 0.5 กรัม คอปเปอร์(Cu) 800 มิลลิกรัม และอะซีโตน(C_3H_6O) 50 mL เข้มข้น 4 mol/L เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ผลึกของสารใหม่

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

จำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ คอปเปอร์ และอะซีโตน

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O) (นักเรียนต้องนำเสนอข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดยใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแสดงแทนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้)

นักเรียนสามารถเขียนแผนภาพแบบไหนก็ได้ตามแนวคิดของนักเรียน แต่ต้องมีข้อมูลในสิ่งที่โจทย์ให้มาครบถึงจะได้คะแนนเต็ม 2 (ครบทั้งชื่อสาร และจำนวนของสารที่โจทย์ให้มา) แต่ถ้าเขียนแผนภาพโดยระบุเพียงแค่ชื่อสาร หรือจำนวนของสารอย่างใดอย่างหนึ่งจะได้คะแนน 1 แต่ถ้าไม่เขียนแผนภาพอะไรเลยจะได้คะแนน 0



ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P) (นักเรียนต้องเปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพรูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ ไปสู่การเลือกใช้สูตรสมการในการแก้โจทย์ปัญหาได้)

ใช้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 0.5 กรัม เป็นกิโลโมล (mol)

โจทย์กำหนดให้โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 0.5 กรัม (g) โจทย์ต้องการทราบจำนวนโมล (mol)

จึงใช้สูตร $\text{mol} = \frac{g}{M}$ หรือใช้แฟกเตอร์คำนวณก็ได้

ใช้คอปเปอร์ (Cu) 800 มิลลิกรัม เป็นกิโลโมล (mol)

โจทย์กำหนดให้คอปเปอร์ (Cu) 800 มิลลิกรัม (mg) โจทย์ต้องการทราบจำนวนโมล (mol)

จึงใช้สูตร $\text{mol} = \frac{g}{M}$ หรือใช้แฟกเตอร์คำนวณก็ได้

ใช้อะซีโตน (C₃H₆O) 50 mL เข้มข้น 4 mol/L เป็นกิโลโมล (mol)

โจทย์กำหนดให้อะซีโตน (C₃H₆O) 50 mL เข้มข้น 4 mol/L โจทย์ต้องการทราบจำนวนโมล

(mol) จึงใช้สูตร $\text{mol} = \frac{CV}{1000}$ หรือใช้แฟกเตอร์คำนวณก็ได้

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S) (นักเรียนต้องแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการคำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และถูกต้อง)

หาโซเดียมคลอไรด์(NaCl) 0.5 กรัม กิโลโมล(mol)

$$\text{วิธีทำที่ 1 จากสูตร } \text{mol} = \frac{g}{M}$$

$$\text{แทนค่าจะได้ } \text{mol} = \frac{0.5 \text{ g NaCl}}{58.44 \text{ g/mol}}$$

$$\text{mol} = 0.0085557 \text{ mol} = 8.5557 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

วิธีทำที่ 2 ใช้แฟกเตอร์คำนวณ

$$\text{NaCl } 0.5 \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58.44 \text{ g/mol}}$$

$$\text{NaCl} = 0.0085557 \text{ mol} = 8.5557 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

ดังนั้น ต้องใช้โซเดียมคลอไรด์(NaCl) 0.5 กรัม จำนวน 8.5557×10^{-3} โมล

หาคอปเปอร์(Cu) 800 มิลลิกรัม กิโลโมล(mol)

$$\text{วิธีทำที่ 1 จากสูตร } \text{mol} = \frac{g}{M}$$

$$\text{แทนค่าจะได้ } \text{mol} = \frac{800 \times 10^{-3} \text{ g Cu}}{63.55 \text{ g/mol}}$$

$$\text{mol} = 0.012588 \text{ mol} = 1.259 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

วิธีทำที่ 2 ใช้แฟกเตอร์คำนวณ

$$\text{Cu } 800 \times 10^{-3} \text{ g} \times \frac{1 \text{ mol Cu}}{63.55 \text{ g/mol}}$$

$$\text{Cu} = 0.012588 \text{ mol} = 1.259 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

ดังนั้น ต้องใช้คอปเปอร์(Cu) 800 มิลลิกรัม จำนวน 1.259×10^{-2} โมล

หาอะซีโตน($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) 50 mL เข้มข้น 4 mol/L เป็นกิโลโมล(mol)

$$\text{วิธีทำที่ 1 จากสูตร } \text{mol} = \frac{CV}{1000}$$

$$\text{แทนค่าจะได้ } \text{mol} = \frac{(4)(50)}{1000}$$

$$\text{mol} = 0.2 \text{ mol}$$

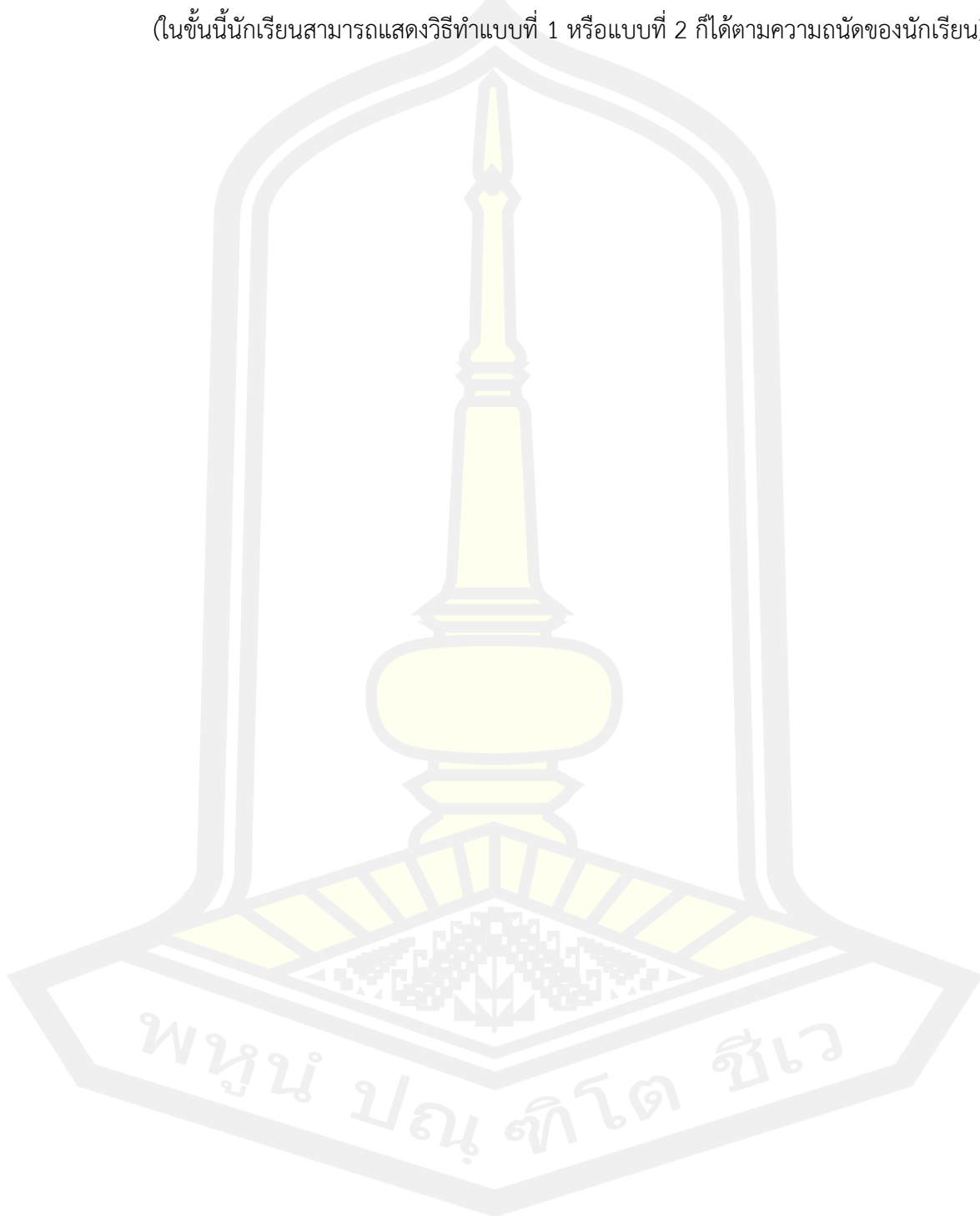
วิธีทำที่ 2 ใช้แฟกเตอร์คำนวณ

$$\text{C}_3\text{H}_6\text{O} \quad 50 \text{ mL} \times \frac{4 \text{ mol}}{1000 \text{ mL}}$$

$$\text{C}_3\text{H}_6\text{O} = 0.2 \text{ mol}$$

ดังนั้น ต้องใช้อะซีโตน($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$) 50 mL เข้มข้น 4 mol/L จำนวน 0.2 โมล

(ในขั้นนี้นักเรียนสามารถแสดงวิธีทำแบบที่ 1 หรือแบบที่ 2 ก็ได้ตามความถนัดของนักเรียน)



เกณฑ์การประเมินด้านความรู้

คำตอบ	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. อธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมี	อธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	อธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น	ไม่เขียนอธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมีเลย
2. ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมี	ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้องสมบูรณ์ทั้งหมด	ยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น	ไม่เขียนยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีเลย

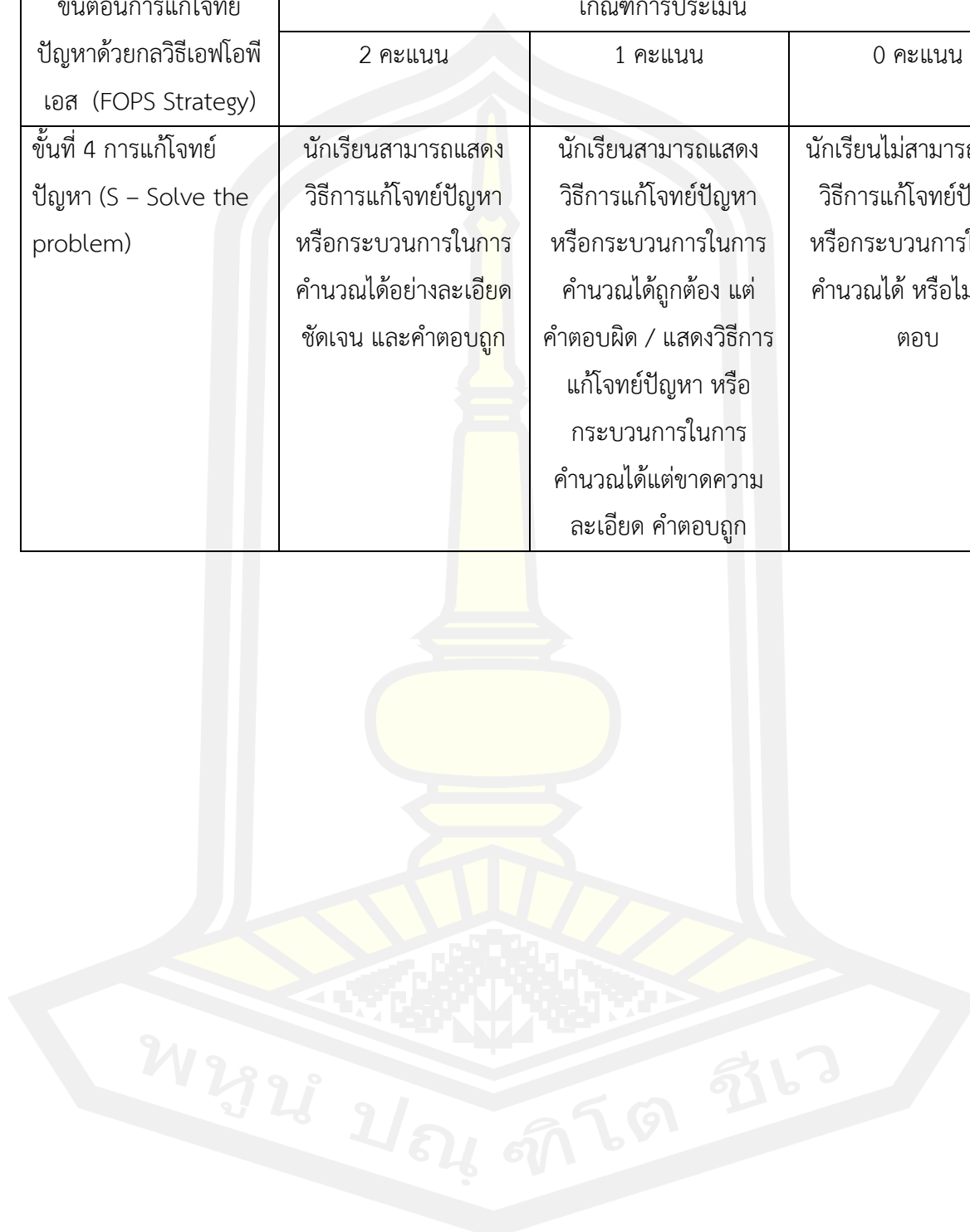


เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ขั้นตอนการแก้โจทย์ ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพี เอส (FOPS Strategy)	เกณฑ์การประเมิน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ขั้นที่ 1 การพิจารณา รูปแบบของโจทย์ปัญหา (F – Find the problem type)	นักเรียนสามารถระบุสิ่ง ที่โจทย์ต้องการและสิ่งที่ โจทย์กำหนดได้ครบถ้วน สมบูรณ์	นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่ โจทย์ต้องการและสิ่งที่ โจทย์กำหนดได้เพียง บางส่วน (หรือระบุเพียง อย่างใดอย่างหนึ่ง)	นักเรียนไม่สามารถระบุ ได้ว่าโจทย์ต้องการอะไร หรือโจทย์กำหนดอะไรให้ บ้าง หรือไม่เขียนตอบ
ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของ โจทย์ปัญหาลงใน แผนภาพ (O –Organize the information in the problem using the diagram)	นักเรียนสามารถนำเสนอ ข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดย ใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ใน การแสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้ครบถ้วน สมบูรณ์ (ระบุครบทั้งชื่อ สาร และจำนวนของสาร ที่โจทย์ให้มาใน แผนภาพ)	นักเรียนสามารถนำเสนอ ข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์โดย ใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ใน การแสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้เพียง บางส่วน (ระบุชื่อสาร หรือจำนวนของสารที่ โจทย์ให้มาในแผนภาพ อย่างใดอย่างหนึ่ง)	นักเรียนไม่สามารถ นำเสนอข้อมูลที่มีอยู่ใน โจทย์โดยใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการ แสดงแทนสิ่งที่โจทย์ กำหนดให้ได้หรือไม่เขียน ตอบ
ขั้นที่ 3 การวางแผนการ แก้โจทย์ปัญหา (P – Plan to solve the problem)	นักเรียนสามารถเปลี่ยน ข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ ไปสู่การ เลือกใช้สูตรสมการทาง เคมีในการแก้โจทย์ ปัญหาได้ครบถ้วน สมบูรณ์ (เขียนสูตรที่ ใช้ได้ครบถ้วน)	นักเรียนสามารถเปลี่ยน ข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ ไปสู่การ เลือกใช้สูตรสมการทาง เคมีในการแก้โจทย์ปัญหา ได้เพียงบางส่วน	นักเรียนไม่สามารถ เปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือ สัญลักษณ์ ไปสู่การ เลือกใช้สูตรสมการทาง เคมีในการแก้โจทย์ปัญหา ได้ หรือไม่เขียนตอบ

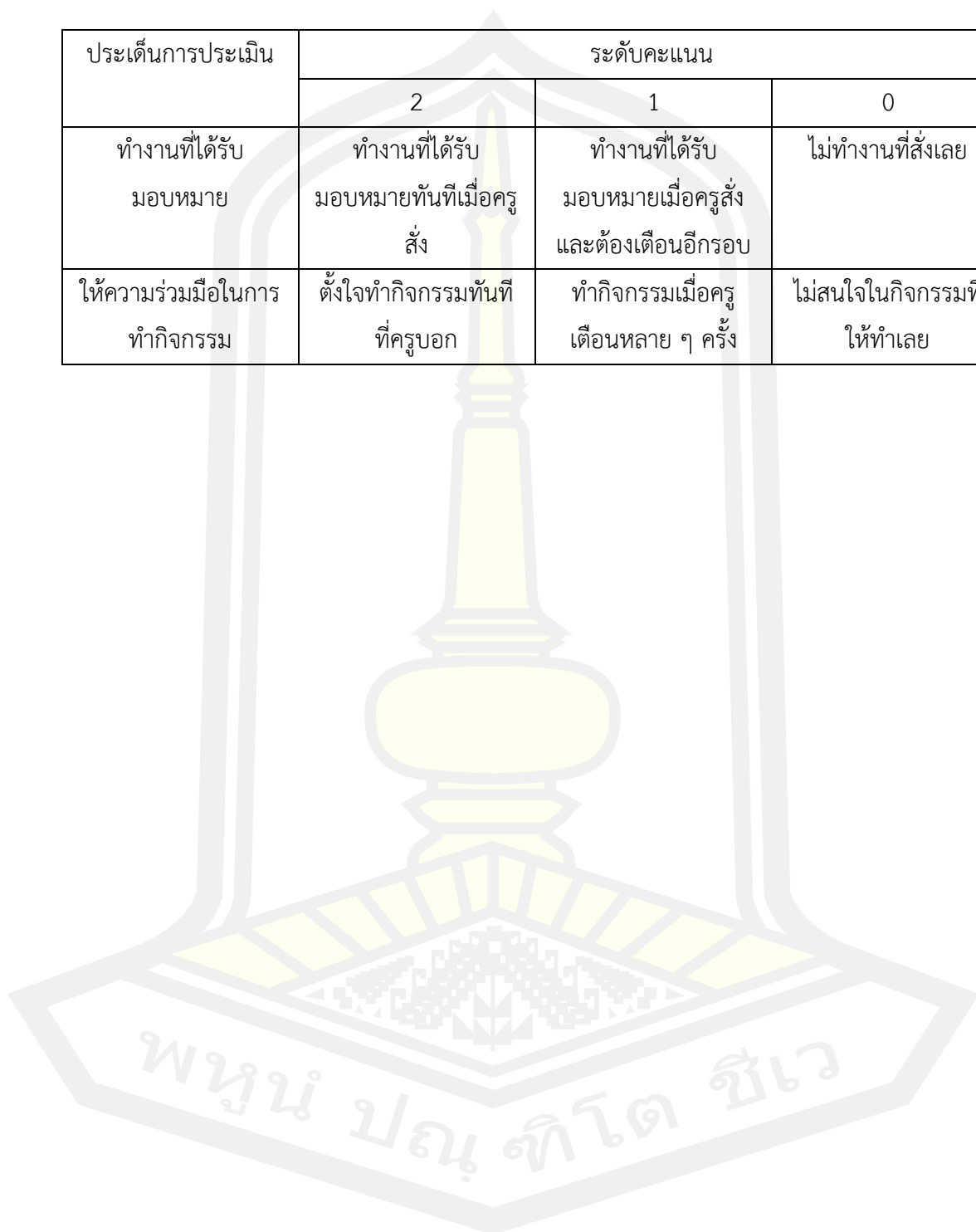
เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา (ต่อ)

ขั้นตอนการแก้โจทย์ ปัญหาด้วยกลวิธีเอฟโอพี เอส (FOPS Strategy)	เกณฑ์การประเมิน		
	2 คะแนน	1 คะแนน	0 คะแนน
ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ ปัญหา (S – Solve the problem)	นักเรียนสามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการ คำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และคำตอบถูก	นักเรียนสามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการ คำนวณได้ถูกต้อง แต่ คำตอบผิด / แสดงวิธีการ แก้โจทย์ปัญหา หรือ กระบวนการในการ คำนวณได้แต่ขาดความ ละเอียด คำตอบถูก	นักเรียนไม่สามารถแสดง วิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการ คำนวณได้ หรือไม่เขียน ตอบ



เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ประเด็นการประเมิน	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ทำงานที่ได้รับมอบหมาย	ทำงานที่ได้รับมอบหมายทันทีเมื่อครูสั่ง	ทำงานที่ได้รับมอบหมายเมื่อครูสั่งและต้องเตือนอีกรอบ	ไม่ทำงานที่สั่งเลย
ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม	ตั้งใจทำกิจกรรมทันทีที่ครูบอก	ทำกิจกรรมเมื่อครูเตือนหลาย ๆ ครั้ง	ไม่สนใจในกิจกรรมที่ให้ทำเลย





ภาคผนวก ง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

พจนฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี

เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1

1. ณ งานนิทรรศการแห่งหนึ่งโชว์การทดลองโดยนำแก๊สออกซิเจน (O_2) 112 ลิตร ที่สภาวะ STP มาทำปฏิกิริยากับโลหะคอปเปอร์ (Cu) 254 กรัม จงหาจำนวนโมลของสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทั้งสองตัว (มวลอะตอมของ Cu=63.5)

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

.....

.....

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

.....

.....

.....

.....

.....

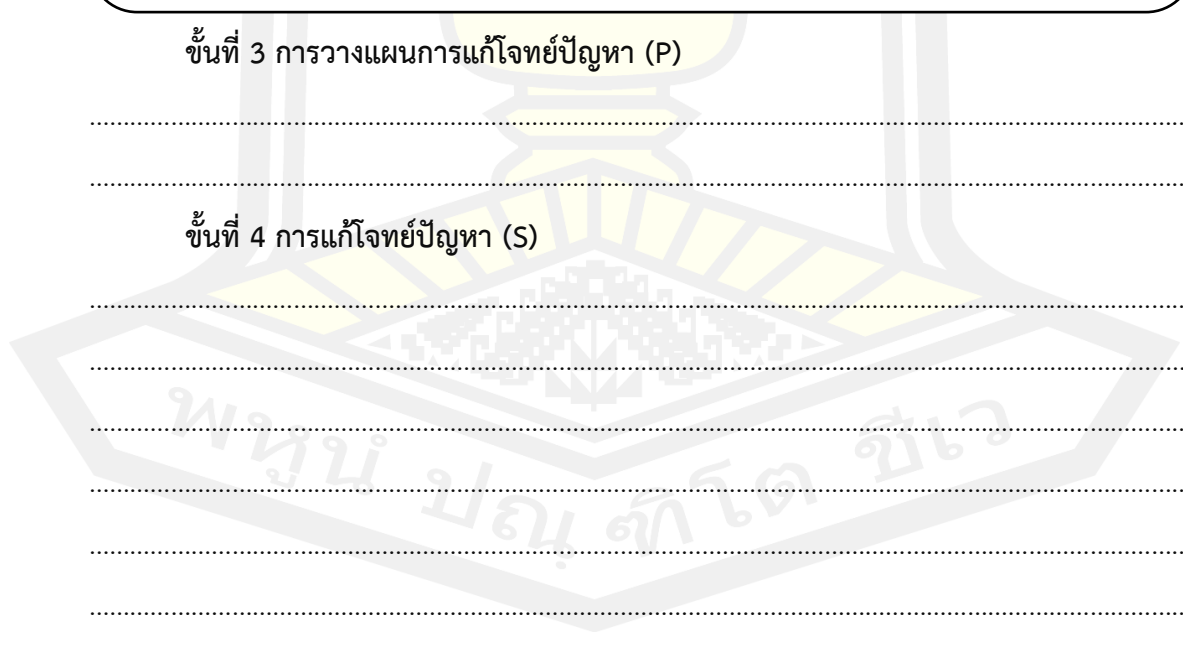
.....

.....

.....

.....

.....



2. เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมซัลเฟต $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ ทำปฏิกิริยากับ
แบเรียมคลอไรด์ $\text{BaCl}_2(\text{aq})$ ได้แบเรียมซัลเฟต $\text{BaSO}_4(\text{s})$ และโซเดียมคลอไรด์ $\text{NaCl}(\text{aq})$

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

1.1 สิ่ง โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

1.2 สิ่ง โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

.....

.....

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

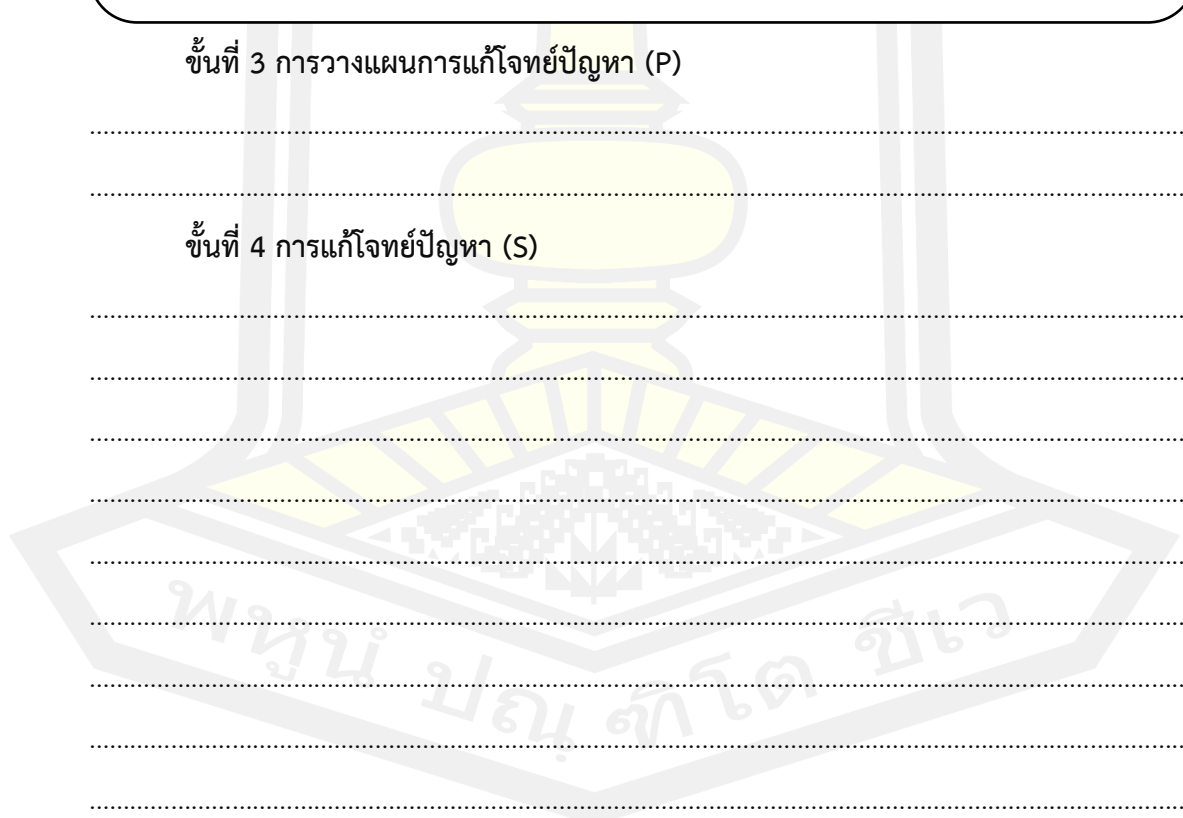
.....

.....

.....

.....

.....



แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี

เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วงรอบปฏิบัติการที่ 2

1. ในโรงงานแห่งหนึ่งนักวิทยาศาสตร์ทดลองการเกิดปฏิกิริยาดังต่อไปนี้

$8\text{Zn}(s) + \text{S}_8(s) \rightarrow 8\text{ZnS}(s)$ จงหาจำนวนโมลของกำมะถัน (S_8) ที่ทำปฏิกิริยาพอกับโลหะสังกะสี (Zn) 10.0 กรัมในการผลิต ZnS (มวลอะตอมของ Zn = 65.38 g/mol)

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

.....

.....

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

.....

.....

.....

.....

.....

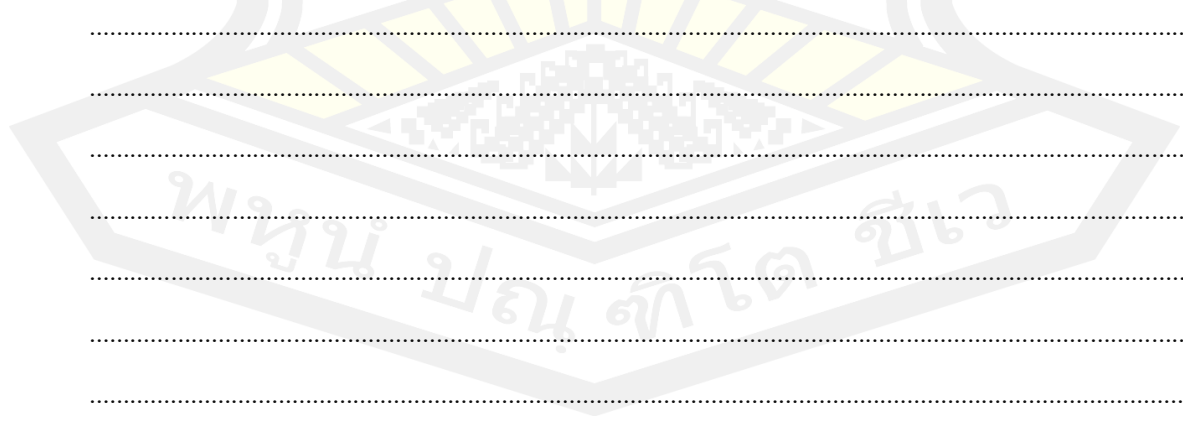
.....

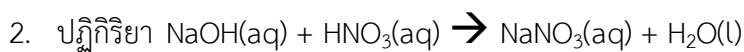
.....

.....

.....

.....





นำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 1.0 โมลาร์ (โมลต่อลิตร) ปริมาตร 100 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยาพอดีกับสารละลายกรดไนตริก (HNO₃) เข้มข้น 0.8 โมลาร์ จะต้องใช้สารละลายกรดไนตริกกี่มิลลิลิตร

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

.....

.....

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

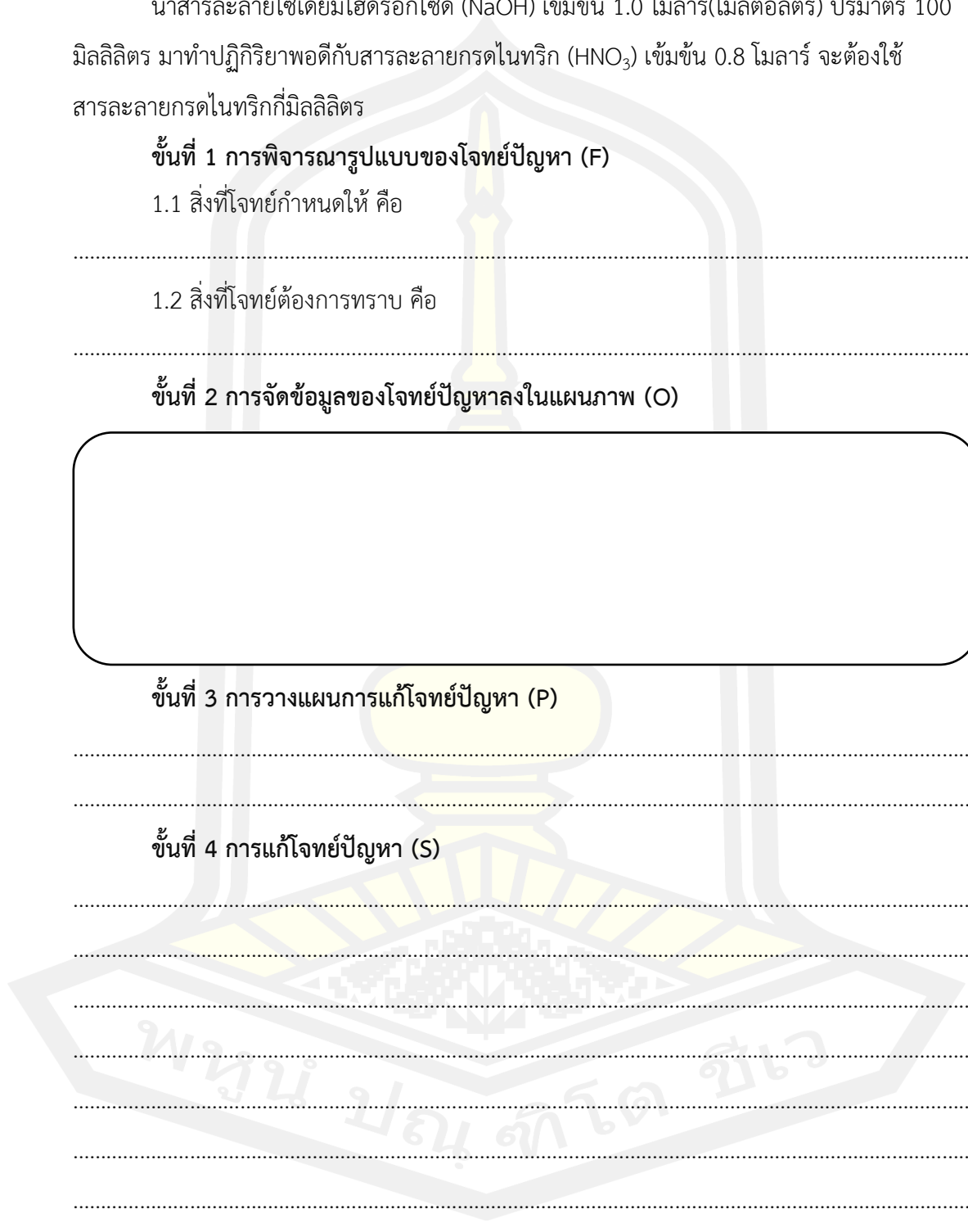
.....

.....

.....

.....

.....



แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี

เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วงรอบปฏิบัติการที่ 3

1. ปฏิกิริยาเคมี $2\text{SO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{SO}_3(\text{g})$ ต้องใช้แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) กี่ลิตร ที่ STP จึงจะได้แก๊สซัลไฟต์ (SO_3) 150 กรัม (มวลโมเลกุลของ $\text{SO}_3 = 80 \text{ g/mol}$)

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

.....

.....

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

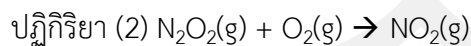
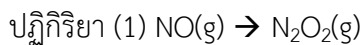
.....

.....

.....



2. ดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาย่อยพร้อมทั้งเขียนปฏิกิริยารวมจากปฏิกิริยาต่อไปนี้



ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

.....

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

.....

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

.....

.....

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

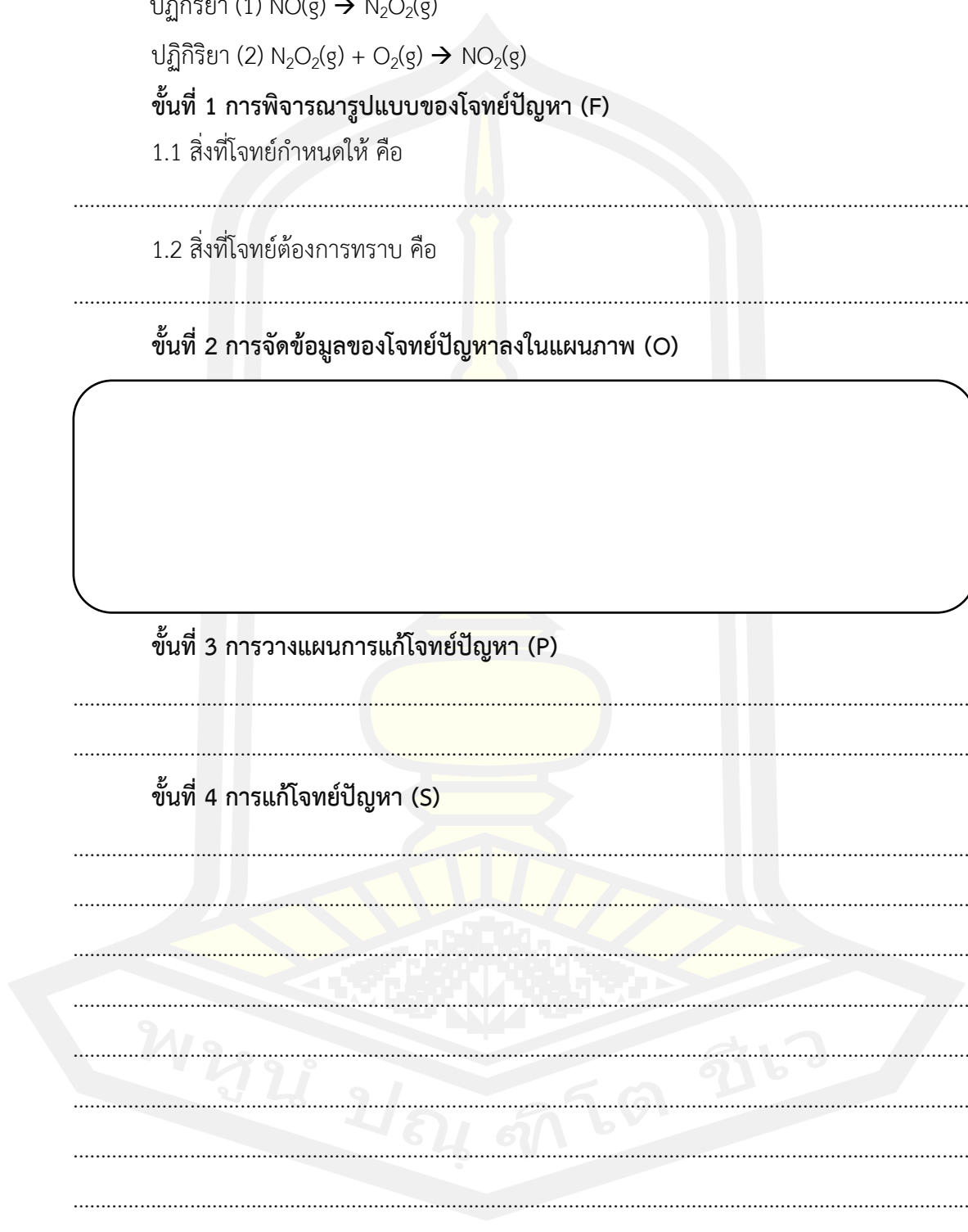
.....

.....

.....

.....

.....



แบบบันทึกการสัมภาษณ์นักเรียน

คำชี้แจง : แบบสัมภาษณ์ความคิดเห็นของนักเรียนเกี่ยวกับการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟโอพีเอส เป็นแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้าง เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อนำผลการสัมภาษณ์ไปสะท้อนผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1. การกำหนดขอบเขตของปัญหา

-นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับสถานการณ์โจทย์ปัญหาที่ครูกำหนดให้

.....

-นักเรียนคิดว่าสถานการณ์โจทย์ปัญหาที่ครูให้มานักเรียนสามารถกำหนดขอบเขตของปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

2. การแสดงและอธิบายทฤษฎี หลักการ

-นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับการอธิบายทฤษฎี หลักการที่ครูอธิบายในห้องเรียน

.....

-นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับตัวอย่างที่ครูมาอธิบายร่วมกับทฤษฎี หลักการ

3. การใช้ทฤษฎี หลักการ (ใช้กลวิธีเอฟโอพีเอส (FOPS Strategy) ในการแก้โจทย์ปัญหา)

-นักเรียนสามารถบอกได้หรือไม่ว่าจากสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหาต้องการให้หาสิ่งใดอย่างไร

.....

- จากสถานการณ์หรือโจทย์ปัญหานักเรียนสามารถจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพได้หรือไม่ อย่างไร

.....

- นักเรียนสามารถเขียนสูตรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กับโจทย์ปัญหาทางเคมีที่ต้องนำไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่ อย่างไร

.....

- นักเรียนสามารถดำเนินตามกระบวนการวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อหาคำตอบได้หรือไม่ อย่างไร

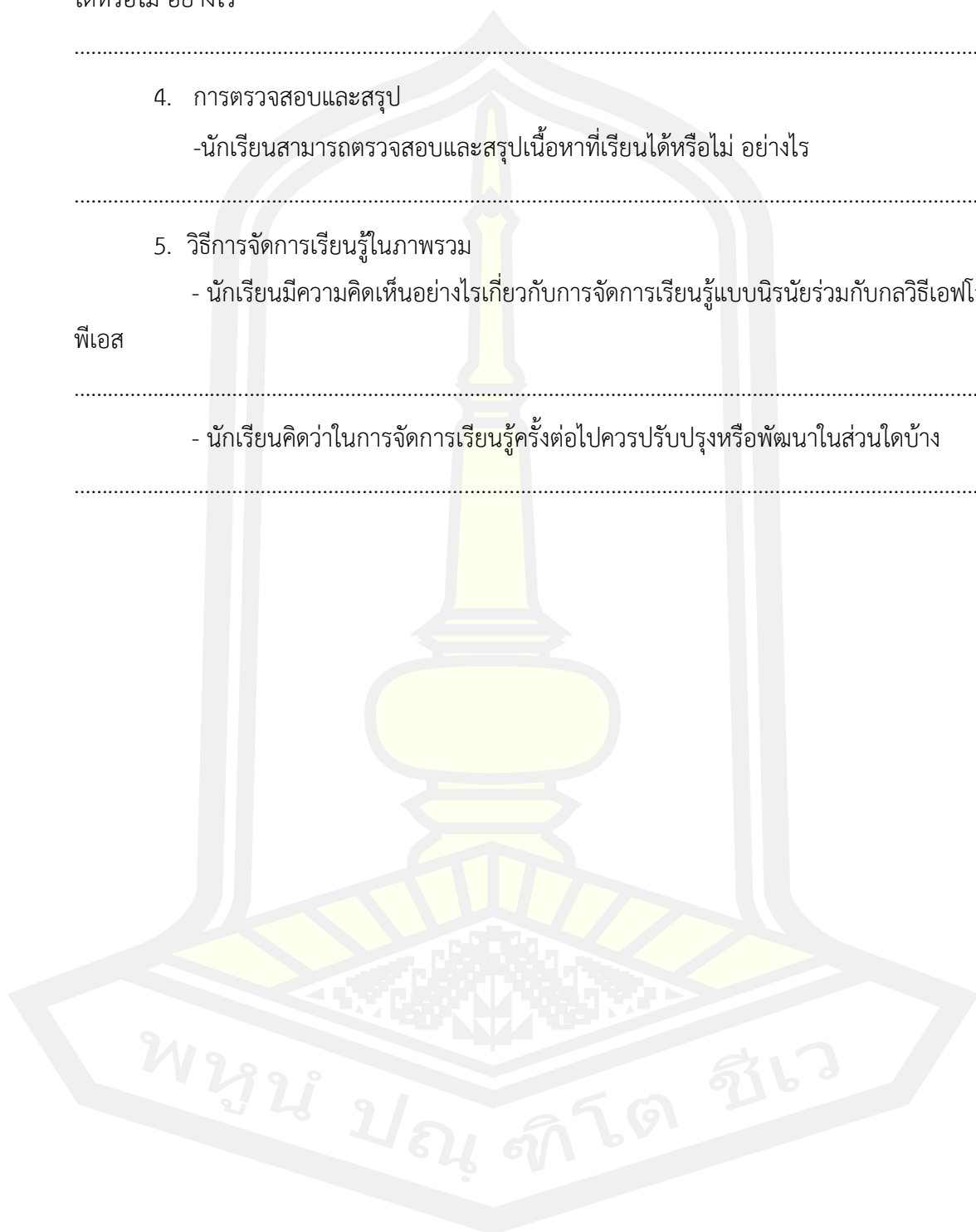
4. การตรวจสอบและสรุป

-นักเรียนสามารถตรวจสอบและสรุปเนื้อหาที่เรียนได้หรือไม่ อย่างไร

5. วิธีการจัดการเรียนรู้ในภาพรวม

- นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบนิรนัยร่วมกับกลวิธีเอฟไอพีเอส

- นักเรียนคิดว่าในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไปควรปรับปรุงหรือพัฒนาในส่วนใดบ้าง



เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	ระดับคะแนน		
	2	1	0
แสดงความคิดเห็นต่อ โจทย์ปัญหา	นักเรียนพูดหรือแสดง ความคิดเห็นต่อโจทย์ ปัญหามากกว่า 1 ครั้ง	นักเรียนพูดหรือแสดง ความคิดเห็นต่อโจทย์ ปัญหาเพียง 1 ครั้ง	นักเรียนไม่ พูดหรือแสดง ความคิดเห็นต่อ โจทย์ปัญหา เลย
แก้โจทย์ปัญหา	นักเรียนแสดงวิธีการ แก้โจทย์ปัญหา ตามลำดับขั้นตอนได้ ถูกต้องครบถ้วนและ คำตอบถูก	นักเรียนแสดงวิธีการ แก้โจทย์ปัญหา ตามลำดับขั้นตอนได้ ถูกต้องแต่คำตอบผิด / แสดงวิธีการแก้โจทย์ ปัญหาตามลำดับ ขั้นตอนได้เพียง บางส่วนแต่คำตอบถูก	นักเรียนไม่สามารถ แสดงวิธีการแก้โจทย์ ปัญหาตามลำดับ ขั้นตอน และไม่ได้คำตอบ
ตรวจสอบการแก้โจทย์ ปัญหา	นักเรียนตรวจสอบ ขั้นตอนในการแก้โจทย์ ปัญหา สูตรที่ใช้ในการ แก้ในการแก้โจทย์ ปัญหาและคำตอบที่ได้ อย่างครบถ้วน	นักเรียนตรวจสอบ ขั้นตอนในการแก้โจทย์ ปัญหา หรือสูตรที่ใช้ใน การแก้ในการแก้โจทย์ ปัญหา หรือคำตอบที่ ได้ อย่างไม่อย่างหนึ่ง	นักเรียนไม่ได้ ตรวจสอบ ขั้นตอนในการแก้โจทย์ ปัญหา สูตรที่ใช้ในการ แก้ในการแก้โจทย์ ปัญหาและคำตอบที่ได้ เลย

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนและตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์
ปัญหาทางเคมีของนักเรียน



รูปที่ 7 แสดงตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการที่ 1

ตอนที่ 1

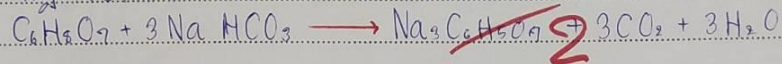
คำชี้แจง : ให้นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องสมบูรณ์

จงอธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมีพร้อมยกตัวอย่างสิ่งที่เป็นปฏิกิริยาเคมี

สารตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไปมาทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นสารชนิดใหม่

อะตอมของสารตั้งต้นจัดเรียงตัวใหม่เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างและสมบัติต่างไปจากเดิม เช่น

ปฏิกิริยาเคมีในหลอดทดลองเพื่อละลายน้ำ



ตอนที่ 2

คำชี้แจง : ให้นักเรียนแสดงวิธีทำอย่างละเอียดตามขั้นตอนของกลวิธีเอฟโอพีเอส

ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง นาย ก กำลังศึกษาอยู่ในระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์ สาขาเคมี ในการเรียนวันหนึ่ง นาย ก ต้องเข้าห้องแล็บทำปฏิบัติการ ซึ่งอาจารย์ให้โจทย์ว่าให้หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จากโซเดียมคลอไรด์ 0.5 กรัม จำนวนโมลของคอปเปอร์ (Cu) จากคอปเปอร์ 800 มิลลิกรัม และให้หาจำนวนโมลของอะซิโตน (C₃H₆O) จากอะซิโตน 50 mL เข้มข้น 4 mol/L เพื่อใช้ในการสังเคราะห์ผลิตภัณฑ์ของสารใหม่ นาย ก จะทำการหาจำนวนโมลของสารทั้งสามได้อย่างไร

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F) (นักเรียนต้องระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการและสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

โซเดียมคลอไรด์ 0.5 กรัม คอปเปอร์ 800 มิลลิกรัม

อะซิโตน 50 mL เข้มข้น 4 mol/L

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

หาจำนวนโมล

พหุคูณ ปณ จิต โธ ชีเว

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O) (นักเรียนต้องนำเสนอข้อมูลที่มีอยู่ในโจทย์ โดยใช้แผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ในการแสดงแทนสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ได้)

NaCl	Cu	C ₉ H ₈ O	เจ๊ม.จีน
0.5 กรัม	800 มิลลิกรัม	50 ml	4 mol/l

②

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P) (นักเรียนต้องเปลี่ยนข้อมูลในแผนภาพ รูปภาพ เส้น หรือสัญลักษณ์ ไปสู่การเลือกใช้สูตรสมการในการแก้โจทย์ปัญหาได้)

$$n = \frac{g}{M_w} \quad \text{mol} = \frac{MV}{1000}$$

$$M_w \text{NaCl} = 58.5$$

$$M_w \text{Cu} = 63.5$$

②

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S) (นักเรียนต้องแสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา หรือกระบวนการในการคำนวณได้อย่างละเอียด ชัดเจน และถูกต้อง)

$$n = \frac{g}{M_w}$$

$$n = \frac{0.5 \text{ g}}{58.5 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}$$

$$n = 0.01$$

$$n = \frac{g}{M_w}$$

$$n = \frac{800}{63.5}$$

$$n = 12.59$$

$$800 \times 10^{-3} \text{ g}$$

$$\text{mol} = \frac{MV}{1000}$$

$$\text{mol} = \frac{(A)(50)}{1000}$$

$$\text{mol} = 0.2 \frac{\text{mol}}{\text{l}}$$

①

รูปที่ 8 แสดงตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียน
ในวงรอบปฏิบัติการที่ 1

แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ วงจรปฏิบัติการที่ 1

1. ในสภาพแวดล้อมแห่งหนึ่งที่สภาวะ STP แก๊สโพรเพน (C_3H_8) 44.8 ลิตร (dm^3) ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน (O_2) 67.2 ลิตร (dm^3) จึงเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น จงหาจำนวนโมลของสารตั้งต้นทั้งสองตัว

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้ คือ
แก๊สโพรเพน (C_3H_8) 44.8 ลิตร ทำปฏิกิริยากับแก๊สออกซิเจน (O_2) 67.2 ลิตร เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการทราบ คือ
หาโมลสารตั้งต้นทั้งสองตัว

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)

$$\begin{array}{ccc} \boxed{C_3H_8} & + & \boxed{O_2} \longrightarrow \boxed{\text{แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์}} \\ 44.8 \text{ (ลิ)} & & 67.2 \text{ (ลิ)} \end{array}$$

โมล ๑ ๒

ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

$n = \frac{V}{V_m}$

จ.ว.๑

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

ข.โพรเพน	$n = \frac{V}{V_m}$	ข.ออกซิเจน	$n = \frac{V}{V_m}$
C_3H_8	$\frac{44.8}{22.4}$	O_2	$\frac{67.2}{22.4}$
$n = \frac{44.8}{22.4}$	2	$n = \frac{67.2}{22.4}$	3
$n = 2 \#$		$n = 3 \#$	

\therefore โมลสาร (C_3H_8) คือ 2 \therefore โมลสาร (O_2) คือ 3

พูน ปณ ฑิต ชีวะ

2. หน่วยงานราชการแห่งหนึ่งซื้อการทดลองโดยนำแก๊สออกซิเจน (O₂) 112 ลิตร ที่สภาวะ STP มาทำปฏิกิริยากับโลหะคอปเปอร์ (Cu) 254 กรัม จงหาจำนวนโมลของสารที่ใช้ในการทำปฏิกิริยาทั้งสองตัว (มวลอะตอมของ Cu=63.5)

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

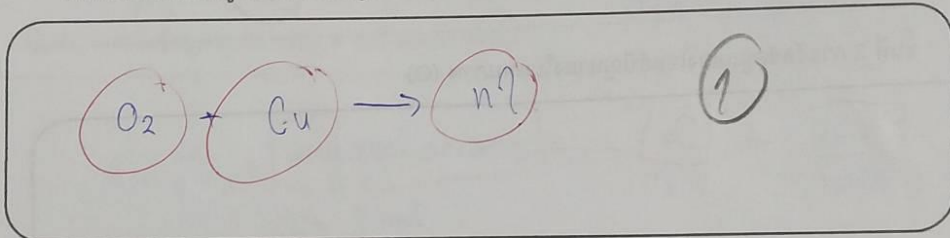
1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

แก๊สออกซิเจน (O₂) 112 ลิตร ทำปฏิกิริยากับมวลของ Cu 254 g

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

มวลโมลของสารที่ทำปฏิกิริยา

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)



ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

$$n = \frac{g}{M_w} \quad / \quad n = \frac{V}{22.4}$$

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

$n = \frac{g}{M_w}$	$n = \frac{V}{22.4}$
$n = \frac{254 \text{ g}}{63.5}$	$n = \frac{112}{22.4}$
$n = 4$	$n = 5$

∴ โมลของ Cu คือ 4

∴ โมลของ O₂ คือ 5



3. เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมซัลเฟต $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ ทำปฏิกิริยากับแบเรียมคลอไรด์ $\text{BaCl}_2(\text{aq})$ ได้แบเรียมซัลเฟต $\text{BaSO}_4(\text{s})$ และโซเดียมคลอไรด์ $\text{NaCl}(\text{aq})$

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

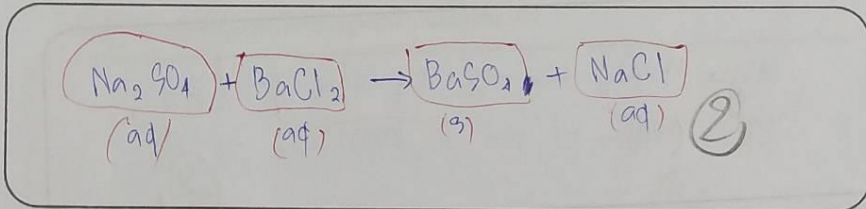
1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ

โซเดียมซัลเฟต $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$ ทำปฏิกิริยากับแบเรียมคลอไรด์ $\text{BaCl}_2(\text{aq})$ ได้แบเรียมซัลเฟต $\text{BaSO}_4(\text{s})$

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ

ดุลสมการเคมีให้

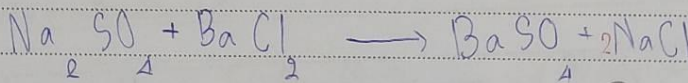
ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)



ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

แก้โจทย์ \rightarrow ดุลสมการ

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)



Na = 2		Na = 2
S = 1		S = 1
O = 4		O = 4
Ba = 1		Ba = 1
Cl = 2		Cl = 2

4. เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียม Mg(s) ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก

HNO₃(aq) ได้แมกนีเซียมไนเตรต Mg(NO₃)₂(aq) และแก๊สไฮโดรเจน H₂(g)

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

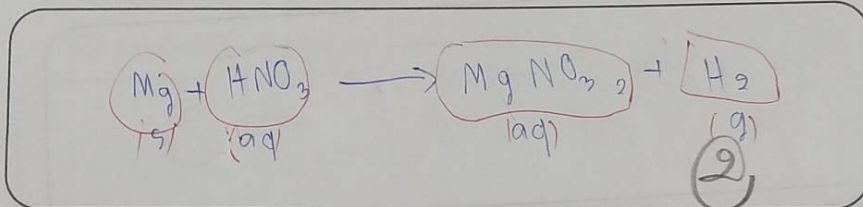
1.1 สิ่งที่ย่อยกำหนดให้ คือ

โลหะแมกนีเซียม Mg(s) ทำปฏิกิริยากับกรดไนตริก HNO₃(aq) ได้แมกนีเซียมไนเตรต Mg(NO₃)₂(aq) และแก๊สไฮโดรเจน H₂(g)

1.2 สิ่งที่ย่อยต้องการทราบ คือ

ดุลสมการ

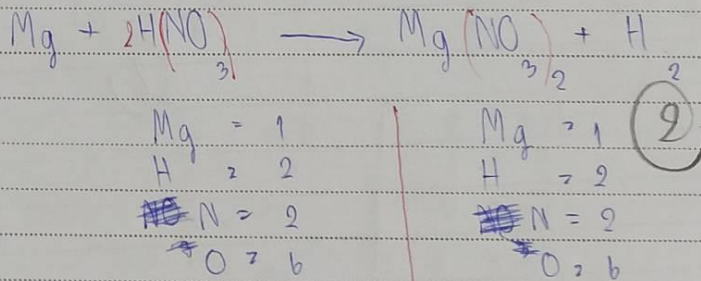
ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)

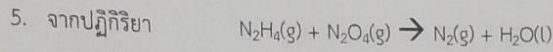


ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

แก้โจทย์โดยใช้ดุลสมการในขั้นต้น

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)





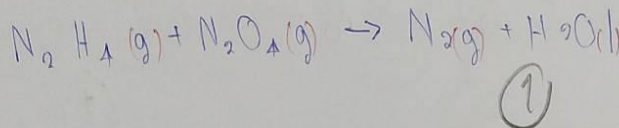
นำไดโนโตรเจนเตตระไซด์ (N_2H_4) มา 5.0 กรัมทำปฏิกิริยากับไดโนโตรเจนเตตระออกไซด์ (N_2O_4) 10 กรัม
 ได้แก๊สไนโตรเจน (N_2) และน้ำ (H_2O) ถ้ามีน้ำ (H_2O) เกิดขึ้น 3.0 กรัมจะมีแก๊สไนโตรเจน (N_2) เกิดขึ้นกี่กรัม

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

1.1 สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ คือ N_2H_4 5.0 กรัม และ N_2O_4 10 กรัม ได้ N_2 และ H_2O เกิดขึ้น 3.0

1.2 สิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ คือ (N_2) เกิดขึ้นกี่กรัม

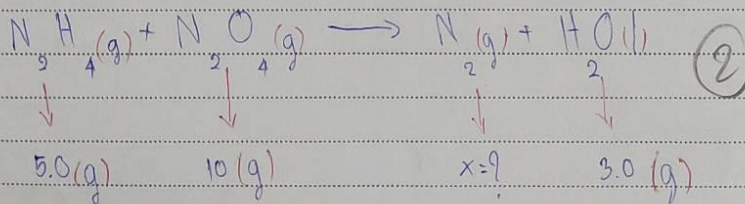
ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)



ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

มวลของสารก่อนปฏิกิริยา = มวลของสารหลังปฏิกิริยา

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

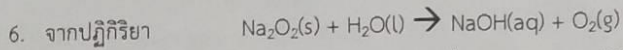


$$5.0 + 10 = x + 3.0$$

$$15 = x + 3.0$$

$$15 - 3.0 = x$$

$$x = 12 \neq$$



นำโซเดียมเปอร์ออกไซด์ (Na_2O_2) มาทำปฏิกิริยากับน้ำ (H_2O) 7.0 กรัม ได้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 3.0 กรัมและแก๊สออกซิเจน (O_2) 5.0 กรัมในตอนเริ่มต้นปฏิกิริยามีโซเดียมเปอร์ออกไซด์ (Na_2O_2) อยู่ในระบบกี่กรัม

ขั้นที่ 1 การพิจารณารูปแบบของโจทย์ปัญหา (F)

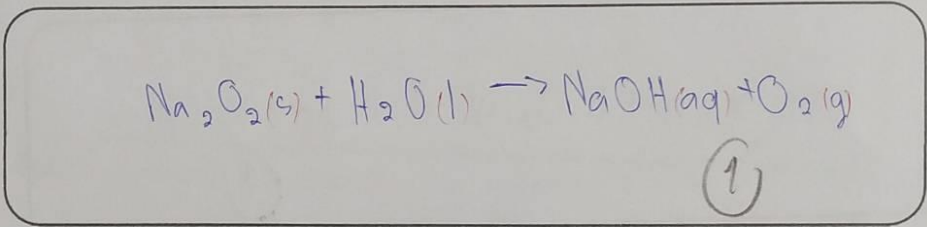
1.1 สิ่งโจทย์กำหนดให้ คือ

Na_2O_2 ทำปฏิกิริยากับ H_2O 7.0 กรัม ได้ NaOH 3.0 กรัม และ O_2 5.0 กรัม

1.2 สิ่งโจทย์ต้องการทราบ คือ

Na_2O_2 อยู่ในรวมกี่กรัม

ขั้นที่ 2 การจัดข้อมูลของโจทย์ปัญหาลงในแผนภาพ (O)



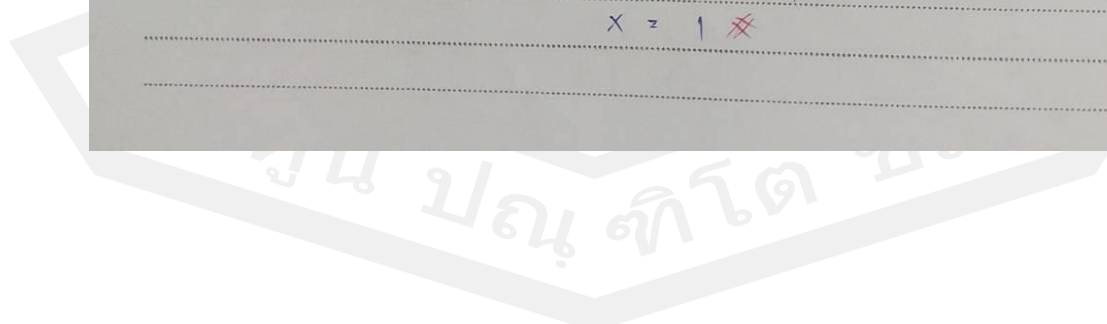
ขั้นที่ 3 การวางแผนการแก้โจทย์ปัญหา (P)

มวลสารเข้าปฏิกิริยา = มวลสารออกปฏิกิริยา

ขั้นที่ 4 การแก้โจทย์ปัญหา (S)

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{Na}_2\text{O}_2(\text{s}) & + & \text{H}_2\text{O}(\text{l}) & \rightarrow & \text{NaOH}(\text{aq}) & + & \text{O}_2(\text{g}) \\
 \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 x & ? & 7.0 \text{ g} & & 3.0 \text{ g} & & 5.0 \text{ g} \\
 x + 7.0 & = & 3.0 + 5.0 & & & & \\
 x + 7.0 & = & 8 & & & & \\
 x & = & 8 - 7.0 & & & & \\
 x & = & 1 & & & &
 \end{array}$$

(2)



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นางสาวมณิธา ประเสริฐไทย
วันเกิด	วันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2541
สถานที่เกิด	อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 151 หมู่ที่ 10 บ้านโนนเจริญ ตำบลโนนคูณ อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ รหัสไปรษณีย์ 36180
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2557 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนโนนคูณวิทยาคารรัชมังคลาภิเษก จังหวัดชัยภูมิ พ.ศ. 2560 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนชุมแพศึกษา จังหวัดขอนแก่น พ.ศ. 2564 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2566 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน ปณ ทัโต ชีเว