



ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่มีต่อความสามารถ
ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้
เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

EFFECTS OF 5E INQUIRY MODEL WITH SSCS TECHNIQUE ON PROBLEM SOLVING
ABILITY IN CHEMISTRY, LEARNING ACHIEVEMENT AND LEARNING RETENTION
ON STOICHIOMETRY OF TENTH GRADE STUDENTS

โชติรส อัสสมบุญ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2564

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่มีต่อ
ความสามารถ
ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้
เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

EFFECTS OF 5E INQUIRY MODEL WITH SSCS TECHNIQUE ON PROBLEM SOLVING
ABILITY IN CHEMISTRY, LEARNING ACHIEVEMENT AND LEARNING RETENTION
ON STOICHIOMETRY OF TENTH GRADE STUDENTS



CHOTIROD HABSOMBOON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of MASTER OF EDUCATION
(Educational Science & Learning Management)
Faculty of Education, Srinakharinwirot University

2021

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่มีต่อความสามารถ
ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้
เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ของ

โชติรส อับสมบุญ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง)

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธาวัลย์ หาญขจรสุข)

ชื่อเรื่อง	ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ผู้วิจัย	โชติรส อับสมบุรณ์
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2564
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันเพ็ญ ประทุมทอง

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ก่อนเรียนและหลังเรียนและเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ก่อนเรียนและหลังเรียนและเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) และ 3) เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS แบบแผนที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบแผนการทดลองแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้วิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 25 คน ที่ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม โดยใช้ระยะเวลาในการวิจัย 24 คาบ สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เรื่องปริมาณสัมพันธ์ 2) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี และ 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน คือ การทดสอบที (t-test for Dependent Samples และ t-test for One-Sample) ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความคงทนในการเรียนรู้

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E), เทคนิค SSCS, ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ความคงทนในการเรียนรู้

Title	EFFECTS OF 5E INQUIRY MODEL WITH SSCS TECHNIQUE ON PROBLEM SOLVING ABILITY IN CHEMISTRY, LEARNING ACHIEVEMENT AND LEARNING RETENTION ON STOICHIOMETRY OF TENTH GRADE STUDENTS
Author	CHOTIROD HABSOMBOON
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2021
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Wanphen Pratoomtong

The purposes of this research are as follows: (1) to compare the pretest and the posttest results involving the chemistry problem-solving ability of students who learned through the 5E inquiry with the SSCS technique and according to the criteria (60%); (2) to compare the pretest and posttest results involving learning achievement of students who learned through with the 5E inquiry and the SSCS technique and according to the criteria (60%); and (3) to study the learning retention of students who learned through the 5E inquiry with the SSCS technique. The research design was a one-group pretest posttest design. The samples of the research included 25 tenth grade students in the second semester of the 2020 academic year at Nongmaikaen Wittaya School. The samples for the research were obtained by cluster random sampling. The duration of this research was 24 periods. The research instruments consisted of (1) lesson plans; (2) problem-solving ability in chemistry tests; and (3) learning achievement tests. The hypotheses were tested by t-test for Dependent Samples, and One-Sample t-test. The results of the research were as follows: (1) students who learned through the 5E inquiry with the SSCS technique had a chemistry problem-solving ability higher than before the instruction at a .05 level of significance, but not significantly different from 60% of the criteria; (2) students who learned through the 5E inquiry with SSCS technique had learning achievement higher than before the instruction at the .05 level of significance but there were less than the 60% of the criteria at a .05 level of significance; and (3) students who learned through the 5E inquiry with SSCS technique had learning retention.

Keyword : 5E inquiry, SSCS technique, problem solving ability in chemistry, learning achievement, learning retention

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เพราะผู้วิจัยได้รับความเมตตาจากจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันเพ็ญ ประทุมทอง ที่กรุณาเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คอยให้คำแนะนำ สละเวลาอันมีค่าตรวจสอบความถูกต้องของงาน และให้กำลังใจตลอดการทำปริญญานิพนธ์จนสำเร็จ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร สว่างเมฆ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุธาวัลย์ หาญขจรสุข ที่ได้กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำและแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญ ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุณเรื่อน เล็กน้อย นางศุภวรรณ งามแสน นายชูเชิด พุทธิเจริญ และนางสาวประณมพร โคตา ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่าเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบ ตลอดจนให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา และองค์ความรู้อันเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการประภาส กรุดพันธ์ ที่สนับสนุนให้ผู้วิจัยได้ศึกษาต่อในระดับปริญญาโท และขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณะครู โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา โรงเรียนเศรษฐบุตรบำเพ็ญ โรงเรียนวัดราชโอรส และโรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง ที่ให้ความกรุณา และอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลวิจัย รวมถึงขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ทุกคน ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการวิจัย

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่คอยช่วยเหลือ ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และกำลังใจที่ดีเสมอมา

ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และเพื่อนโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ ที่คอยช่วยเหลือและให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณ TRINITY และ TWILIGHT ทุกคนที่เป็นแรงผลักดัน เป็นแรงบันดาลใจเวลาท้อ ขอขอบคุณที่ทำให้มีความสุขและมีรอยยิ้มทุกครั้ง

ขอขอบคุณครอบครัว พ่อ แม่ น้องสาว และบุคคลอันเป็นที่รักที่ไม่ได้กล่าวนาม ที่ให้ความรัก ความเข้าใจ คอยสนับสนุน ช่วยเหลือ เป็นกำลังใจ และเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ไชติรส ฮัสมบุญ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	๗
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	5
ความสำคัญของการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	5
ประชากร	5
กลุ่มตัวอย่าง	6
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	6
เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย	6
ตัวแปรที่ศึกษา	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย	15
สมมติฐานในการวิจัย.....	16
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E).....	18

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	18
1.2 ความเป็นมาและแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E).....	19
1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E).....	20
1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ...	23
1.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	26
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SSCS	27
2.1 ความเป็นมาของเทคนิค SSCS	27
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SSCS.....	28
2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วย SSCS.....	29
2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS.....	35
2.5 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS	36
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS	38
3.1 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS	38
3.2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS	43
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี	46
4.1 ความหมายของโจทย์ปัญหา	46
4.2 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา	46
4.3 องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา.....	46
4.4 อุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหา	49
4.5 ขั้นตอนและวิธีในการแก้โจทย์ปัญหา	51
4.6 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา	58

5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	63
5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	63
5.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	64
5.3 ลำดับขั้นการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	66
5.4 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	67
5.5 การหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	69
6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้	71
6.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้	71
6.2 ความหมายของการจำ.....	71
6.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำ.....	71
6.4 ขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ การจดจำ และการลืม	73
6.5 การวัดและประเมินความคงทนในการเรียนรู้	77
7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	79
7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)	79
7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS.....	81
7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา.....	83
7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	84
7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้.....	85
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	87
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	87
ประชากร	87
กลุ่มตัวอย่าง	87
การกำหนดแบบแผนการวิจัย	87

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	88
1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์.....	88
2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี	94
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	98
การดำเนินการวิจัย.....	101
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	102
บทที่ 4 ผลการวิจัย	104
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	104
การนำเสนอผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยขอเสนอข้อมูลเป็น 5 ส่วน ดังนี้.....	104
1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	105
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	106
3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4.....	107
4. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	108
5. ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลัง เรียนกับหลังเรียน 2 สัปดาห์	109
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	110
สรุปผลการวิจัย.....	112
อภิปรายผลการวิจัย	113

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)	113
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60).....	118
3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความคงทนในการเรียนรู้.....	120
ข้อเสนอแนะ	121
บรรณานุกรม	123
ภาคผนวก	132
ภาคผนวก ก	133
ภาคผนวก ข	135
ภาคผนวก ค	168
ภาคผนวก ง	178
ประวัติผู้เขียน.....	185

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)	23
ตาราง 2 แนวทางและกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS	31
ตาราง 3 บทบาทของครูในการสอนด้วยเทคนิค SSCS.....	35
ตาราง 4 สรุปบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS.....	44
ตาราง 5 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา (นักเรียน)	48
ตาราง 6 ตัวอย่างการประเมินแบบย่อย.....	60
ตาราง 7 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบย่อย	61
ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี.....	62
ตาราง 9 แบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Designs	88
ตาราง 10 สารการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่องปริมาณสัมพันธ์	89
ตาราง 11 หัวข้อแผนการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้	91
ตาราง 12 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี.....	95
ตาราง 13 เกณฑ์คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี	96
ตาราง 14 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยสำหรับการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์	99
ตาราง 15 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียน	105
ตาราง 16 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)	106
ตาราง 17 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียน.....	107
ตาราง 18 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60).....	108

ตาราง 19 ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่าง หลังเรียนกับหลังเรียน 2 สัปดาห์.....	109
ตาราง 20 รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย.....	134
ตาราง 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์.....	169
ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1).....	170
ตาราง 23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2).....	170
ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1).....	171
ตาราง 25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2).....	172
ตาราง 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 3).....	173
ตาราง 27 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1).....	174
ตาราง 28 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2).....	174
ตาราง 29 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1).....	175
ตาราง 30 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2).....	176
ตาราง 31 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 3) จำนวน 30 ข้อ.....	177

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย	15
ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสอนตามรูปแบบ SSCS.....	33
ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS.....	43
ภาพประกอบ 4 แผนผังแสดงทฤษฎีความจำ 2 กระบวนการ	72
ภาพประกอบ 5 ผลบันทึกใบกิจกรรมของนักเรียน จำนวน 7 กิจกรรม.....	179
ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างผลงานและผลการทดลองของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้	179
ภาพประกอบ 7 การทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 2 สัปดาห์ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง	180
ภาพประกอบ 8 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี)	181
ภาพประกอบ 9 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับมวล).....	181
ภาพประกอบ 10 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น).....	182
ภาพประกอบ 11 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส).....	182

ภาพประกอบ 12 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน)	183
ภาพประกอบ 13 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สารกำหนดปริมาณ).....	183
ภาพประกอบ 14 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ผลได้ร้อยละ)	184



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้นักเรียนได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง ตลอดจนสามารถนำผลที่ได้มารวบรวมเป็นแนวคิดและองค์ความรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้ ความเข้าใจในวิชาวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ ถือเป็นเป้าหมายที่สำคัญในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และเพื่อพัฒนากระบวนการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา และความสามารถในการตัดสินใจ ดังนั้นกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงมุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย รวมทั้งให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้และการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองอย่างหลากหลาย (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, น. 3)

สภาพจริงของการจัดการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในปัจจุบัน ไม่ได้เอื้อให้นักเรียนทดลอง สืบค้น สำรวจหลักฐาน และใช้เหตุผลมาสรุป เพื่อให้ได้คำตอบด้วยตนเอง แต่นิยมใช้การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เรียนรู้ข้อเท็จจริงจากกิจกรรมสำเร็จรูป ส่งผลให้นักเรียนไม่ได้ใช้ความคิดเพิ่มเติม (สุพิพร บุตรโคตร, 2556, น. 1) โดยเฉพาะในรายวิชาเคมีที่พบว่า ครูหลาย ๆ ท่านใช้วิธีการสอนเชิงบรรยาย เนื่องจากคิดว่าการสอนด้วยวิธีบรรยายนั้นเป็นวิธีสอนที่ทำได้สะดวกและไม่ต้องเตรียมตัวมาก โดยให้นักเรียนฟังการบรรยายเพียงอย่างเดียว ไม่มีกิจกรรมที่ช่วยกระตุ้นหรือสร้างความสนใจ ทำให้นักเรียนขาดความตั้งใจในการเรียนรู้ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2555, น. 44) และสะท้อนให้เห็นจากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ตามกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตั้งแต่ปีการศึกษา 2560 – 2562 พบว่า มีคะแนนเฉลี่ย 26.32 29.47 และ 28.87 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ในตลอดระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา ผลคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไม่ถึงร้อยละ 50 และเมื่อพิจารณาเนื้อหาในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร พบว่า เนื้อหาที่นักเรียนจำเป็นต้องเรียนตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 คือ เรื่องโมเลกุล สูตรเคมี สารละลาย และปริมาณสัมพันธ์ ถือเป็นพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนเนื้อหาอื่น ๆ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561, น. 2) ซึ่งเรื่องปริมาณสัมพันธ์

เป็นเรื่องหนึ่งที่มีความสำคัญ และเป็นเรื่องที่น่าสนใจได้ยาก โดยเฉพาะในส่วนของ การคำนวณ เพื่อแก้ปัญหา (Schmidt, 1997, อ้างถึงใน อติศักดิ์ สิงห์สิโว, 2549, น. 4) ซึ่งเมื่อพิจารณาถึง กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า จากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2562 ขณะนักเรียนอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ต่ำกว่าร้อยละ 40 ด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีอย่างเป็นระบบตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับนักเรียนหรือนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิด รู้จักใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาตนเองและสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ คือ “การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)” (พันธ์ ทองชุม, 2544, น. 57) ซึ่งพัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ของ แอทกิน (Myron Atkin) และคาร์พลัส (Robert Karplus) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกิจกรรมให้นักเรียนได้ระบุปัญหาหรือคำถามตามความสนใจของตนเองหรือกลุ่ม แล้ววางแผนวิธีการที่จะแก้ปัญหา ลงมือปฏิบัติ และประเมินผลการแก้ปัญหา และสรุปเป็นความรู้ใหม่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 66-67) โดยจากประสบการณ์การสอนในรายวิชาเคมีของผู้วิจัย ตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 พบว่า เมื่อให้นักเรียนนำองค์ความรู้จากเรื่องที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่มีสถานการณ์และข้อมูลที่ซับซ้อน นักเรียนจะรู้สึกว่ายากและไม่อยากทำ เพราะไม่ทราบว่าควรเริ่มแก้โจทย์ปัญหาอย่างไร ดังนั้นผู้วิจัยจึงทำการทบทวนวรรณกรรมเพิ่มเติมและพบว่า เทคนิคที่สามารถใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อแก้โจทย์ปัญหาได้ คือ “เทคนิค SSCS (Search Solve Create Share)” ที่คิดค้นโดยพิซซินี และคนอื่น ๆ (Pizzini et al., 1989, pp. 528-529) ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหาชัดเจน และเหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา ทั้งนี้ นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาได้สมบูรณ์ที่สุดเมื่อได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ (Butt, 1966, อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2561, น. 412) ซึ่งการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์หรือการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองนั้น เป็นกระบวนการที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

หาความรู้ 5 ขั้น (5E) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำเทคนิค SSCS มาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) โดยสอดแทรกเทคนิค SSCS ในขั้นที่ 4 คือ ขยายความรู้ (Elaboration) เนื่องจากในขั้นนี้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือข้อสรุปที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ จะทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขึ้น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, น. 44-45) และเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ อย่างเป็นระบบขั้นตอนมากขึ้น ซึ่งความสามารถในการแก้ปัญหานี้เป็นกระบวนการคิดขั้นสูงที่สอดคล้องกับสมรรถนะสำคัญของนักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ในสมรรถนะข้อที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหา โดยมุ่งหวังให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักการและเหตุผล เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ แสวงหาความรู้และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 6)

นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ โดยเห็นได้จากงานวิจัยของนักวิจัยหลายท่าน (Gokhan, & Gulsen, 2014, pp. 3120-3124; Ong, & Keok, 2020, pp. 1-10; Senol, & Ozge, 2016, pp. 1-9; พัชรกร ยิ่งยงยุทธ, 2560, น. 82; สมฤดี เลี่ยมทอง, 2557, น. 64-70) ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผลกิจกรรม แลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียนและครูกับนักเรียน เรียนรู้ผ่านการสาธิตกิจกรรมของครู การทำงานเป็นกลุ่มร่วมกับเพื่อน และนักเรียนได้คิดวิเคราะห์จากการกระตุ้นด้วยคำถาม และจากการทบทวนวรรณกรรมเพิ่มเติมพบว่า องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาประการหนึ่ง คือ สติปัญญาและความรู้ความคิด เนื่องจาก การแก้ปัญหาจำเป็นต้องใช้สติปัญญาในการคิดระดับสูง เพราะองค์ประกอบของสติปัญญาและด้านความรู้ความคิด ประกอบด้วยแนวคิดและวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่มีส่วนสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหา ได้แก่ ความสามารถในการวิเคราะห์ ความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์ และความสามารถในการให้เหตุผล (Adams et al., 1977, pp. 174-175; Baroody, 1993, pp. 8-10; Charles, & Lestre, 1982, pp. 10-12) ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนเพิ่มเติม

นอกจากนี้จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่า การจำหรือความคงทนในการเรียนรู้เป็นสิ่งสำคัญต่อการเรียน เมื่อนักเรียนเกิดการเรียนรู้แล้ว สามารถเก็บสิ่งที่เรียนรู้ไว้ได้เป็นเวลานาน และสามารถระลึกถึงเนื้อหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ได้รับการเรียนรู้ในระยะเวลาหนึ่งมาแล้ว (เกษมศรี ภัทรภูริสกุล, 2544, น. 40; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2548, น. 250) ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้จัดทำในเนื้อหาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ถือเป็นเนื้อหาเคมีด้านคำนวณเรื่องแรกที่นักเรียนได้เรียนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เพื่อให้นักเรียนสามารถนำความรู้เคมีด้านคำนวณที่เป็นพื้นฐานนี้ไปใช้ต่อยอดในเนื้อหาเคมีด้านคำนวณอื่น ๆ เมื่อนักเรียนเลื่อนระดับชั้นไปชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5-6 หรือในระดับอุดมศึกษา ผู้วิจัยจึงตระหนักถึงความสำคัญนี้ และพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) สามารถพัฒนาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน เนื่องจากจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ครูมีการจัดกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้หรือสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง จัดกิจกรรมให้ตรงตามความต้องการของผู้เรียน ใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลาย เข้าใจบริบทของนักเรียน และปรับเปลี่ยนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม (Hargen, 2000, pp. 1441-1444; ธีญญรัตน์ สุภษร, 2555, น. 47-52) เหตุนี้ในรายวิชาเคมีจึงควรพัฒนาให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถระลึกถึงความรู้หรือสิ่งที่ได้รับการเรียนรู้มาแล้ว ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาเมื่อเจอสิ่งเร้าหรือสิ่งกระตุ้นในอนาคตได้

จากข้อมูลดังกล่าว พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) และการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS นั้น เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านวิธีการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุป สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ ทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลาย อีกทั้งยังทำให้เกิดความเข้าใจตลอดจนสามารถจดจำได้ยาวนาน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มาใช้ในการเรียนการสอนวิชาเพิ่มเติมเคมี โดยนำขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของเทคนิค SSCS ไปสอดแทรกในขั้นที่ 4 คือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)
3. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS
4. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ร่วมกับเทคนิค SSCS กับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)
5. เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

ความสำคัญของการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ และเป็นแนวทางสำหรับครูหรือนักวิชาการทางการศึกษาในการจัดการเรียนรู้ เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ ทำให้นักเรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ แยกแยะประเด็น และจดจำเรื่องที่ได้เรียนไปแล้ว หลังจากผ่านการเรียนได้ดีขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน โดยมีนักเรียน 49 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา ตำบลหนองไม้แก่น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาฉะเชิงเทรา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยมีนักเรียน 25 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยมีหน่วยการสุ่มเป็นห้องเรียน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร ต่ำกว่าร้อยละ 40 จากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2562 ขณะนักเรียนอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และนักเรียนส่วนใหญ่มีอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหา คือ ไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่โจทย์กำหนดมาให้ได้ จึงไม่ทราบว่าควรเริ่มแก้โจทย์ปัญหาอย่างไร ทำให้ขาดความมั่นใจในการเลือกวิธีการและการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้เวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ (คาบละ 50 นาที) รวม 18 คาบ (ไม่รวมทดสอบก่อนเรียนและทดสอบหลังเรียน) โดยดำเนินการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 ตามผลการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ประกอบด้วย 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) ปฏิริยาเคมี 2) สมการเคมี 3) การคำนวณปริมาณสารในปฏิริยาเคมี 4) สารกำหนดปริมาณ และ 5) ผลได้ร้อยละ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

- 2.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี
- 2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 2.3 ความคงทนในการเรียนรู้

นิยามศัพท์เฉพาะ

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, น. 66-67) ได้ให้ขั้นตอนไว้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม โดยครูมีบทบาทเป็นผู้สร้างความสนใจ ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด นักเรียนมีบทบาทในการตรวจสอบความรู้หรือทบทวนความรู้เดิมของตนเอง มีความกระตือรือร้น รู้จักตั้งคำถาม และแสดงความสนใจ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยครูมีบทบาทเป็นผู้แนะแนวทางวิธีการตรวจสอบ เช่น ทำการทดลอง การศึกษาหาข้อมูล รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน สังเกตและฟังคำตอบของนักเรียน ตลอดจนให้คำปรึกษาแก่นักเรียน นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้แสดงความคิดอย่างอิสระ ทดสอบสมมติฐาน พยายามแก้ปัญหา บันทึกการสังเกต ให้ข้อสังเกต และลงข้อสรุป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการนำข้อมูล ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ในเรื่องที่ศึกษา โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดรวบยอด สนับสนุนให้นักเรียนแสดงหลักฐาน หรือให้เหตุผลประกอบ นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ รวมทั้งฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อนหรือครูอธิบาย

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ที่กว้างขึ้น และมีทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายสถานการณ์เดิมได้ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ให้นักเรียนได้อธิบายอย่างหลากหลาย และถามคำถามนักเรียนว่า ได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวคิดอะไร นักเรียนมีบทบาทในการใช้ข้อมูลเดิมในการสร้างคำอธิบาย ตลอดจนลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล และตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน

5. ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) เป็นการประเมินความรู้ของนักเรียนผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาที่เรียนไปแล้วถูกต้องครบถ้วนหรือไม่ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้หรือไม่ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ประเมิน

ความรู้และทักษะของนักเรียน หากหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม และตอบคำถามที่แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด

2) **เทคนิค SSCS** หมายถึง แนวทางการเรียนการสอนการแก้ปัญหา โดยมีพื้นฐานมาจากการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการสอนแก้ปัญหามาของ พิชชินี และคนอื่น ๆ (Pizzini et al., 1989, pp. 528-529) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การค้นหา (Search: S) เป็นการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อวิเคราะห์แยกแยะ และหาความสัมพันธ์ของประเด็นของปัญหา ผ่านกิจกรรมการศึกษาค้นคว้า เช่น การถามคำถาม การค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถามว่าอะไรเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องรู้ และจะค้นหาสิ่งเหล่านั้นได้จากที่ไหน นักเรียนมีบทบาทในการสังเกต การวิเคราะห์ การจำแนกแยกแยะ และการสืบเสาะหาข้อมูล

2. การแก้ปัญหา (Solve: S) หมายถึง การวางแผนการแก้ปัญห ด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนต้องวางแผนการแก้ปัญห ด้วยตนเอง ประกอบกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหา หากระหว่างการแก้ปัญห เกิดอุปสรรค นักเรียนสามารถย้อนกลับไปค้นหาข้อมูลในขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) ได้อีก เพื่อนำข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมนั้นมาประยุกต์และปรับปรุงในการแก้ปัญห ได้ โดยครูมีบทบาทกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญห อย่างรอบคอบ นักเรียนมีบทบาทในการค้นหาจุดสำคัญ การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญห การนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญห รวมทั้งการทดสอบว่าวิธีการที่เลือกนั้นสามารถแก้ปัญห ได้หรือไม่

3. การสร้างคำตอบ (Create: C) หมายถึง การนำข้อมูลจากขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) มาจัดกระทำและนำเสนอให้อยู่ในรูปที่ผู้อื่นเข้าใจง่าย เช่น การสรุปคำตอบที่ชัดเจน การใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายหรือการนำเสนอในรูปแบบของตารางหรือกราฟ โดยครูมีบทบาทในการส่งเสริมให้นักเรียนจัดกระทำคำตอบให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย นักเรียนมีบทบาทในการสรุปข้อมูล และแสดงข้อมูลที่สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจง่าย

4. การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) หมายถึง การแลกเปลี่ยนวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญห นักเรียนอาจมีวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญห ต่างกัน และอาจได้คำตอบที่ต่างกัน ซึ่งมีทั้งคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิด โดยนักเรียนที่ตอบถูก จะต้องนำวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญห มาแลกเปลี่ยนกับเพื่อน ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดจะต้องวิเคราะห์ถึงข้อผิดพลาดว่า คืออะไร และเกิดขึ้นในขั้นตอนใด เพื่อเรียนรู้และปรับปรุงในการแก้ปัญห ต่อไป

โดยครูมีบทบาทในการดำเนินการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู การสนับสนุนให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและวิธีการแก้ปัญหาของตนเอง นักเรียนมีบทบาทในการรายงานผล การอธิบาย และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

3) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) โดยผู้วิจัยได้ปรับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, น. 66-67) 5 ขั้นตอน และเทคนิค SSCS ของ ของพิซซินี และคนอื่น ๆ (Pizzini et al., 1989, pp. 528-529) 4 ขั้นตอน โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมหรือเรื่องที่เรียนไปแล้ว โดยเนื้อหาที่นำมาทบทวนนั้นมีลักษณะเป็นความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในคาบนั้น ๆ ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การตอบคำถาม การดูวิดีโอ หรือการเล่นเกมนผ่านแอปพลิเคชัน โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ถามคำถาม ซึ่งคำถามที่ใช้ควรมีลักษณะกระตุ้น และเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและแสวงหาความรู้เดิม ให้นเวล่านักเรียนได้ระลึกถึงสิ่งที่เรียนไปแล้ว เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และอภิปรายสรุปความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนในเรื่องใหม่ นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ตรวจสอบความรู้เดิมของตนเอง กระตือรือร้นในการตอบคำถาม ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนแสดงความสนใจในเรื่องที่กำลังจะเรียน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ และการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ โดยใช้กระบวนการคิด และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การศึกษาค้นคว้า การกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ การตั้งสมมติฐาน การปฏิบัติการทดลอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยครูมีบทบาทเป็นผู้จัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหา โดยในเนื้อหาที่สามารถจัดกิจกรรมการทดลองได้ ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการทดลอง สำหรับเนื้อหาที่ไม่สามารถจัดกิจกรรมการทดลองได้ ครูอาจยกตัวอย่างสถานการณ์หรือตัวอย่างโจทย์ เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และแก้โจทย์ปัญหาได้ นอกจากนี้ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน สังเกตและฟังคำตอบของนักเรียน ให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาหรือมีข้อสงสัย ชี้แจงข้อควรระวังในการใช้สารเคมีหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลอง รวมทั้งอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับสื่อและอุปกรณ์ให้เพียงพอกับปริมาณของนักเรียน นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ศึกษา ค้นคว้า

ทดสอบสมมติฐาน พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหา ปฏิบัติการทดลองตามวิธีด้วยความระมัดระวัง บันทึกผลการทดลองหรือผลการสังเกต รับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย กล้าแสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของเพื่อน ตลอดจนลงข้อสรุป

3. **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นการนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เข้าใจง่าย เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสรุปองค์ความรู้ในเรื่องที่ศึกษา ผ่านกิจกรรมการนำเสนอผลการทดลองหรือผลการค้นคว้าของนักเรียนทุกกลุ่ม และการอภิปรายร่วมกันของครูและนักเรียน จนเกิดเป็นองค์ความรู้ที่ถูกต้อง ครบถ้วน โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดรวบยอด สนับสนุนให้นักเรียนแสดงหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบ นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้นำเสนอ อธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ รวมทั้งฟังและวิเคราะห์สิ่งที่ครูหรือเพื่อนอธิบาย และถามคำถามเมื่อเกิดความสงสัย

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำองค์ความรู้จากเรื่องที่เรียน และความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้โจทย์ปัญหามาประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงสู่แนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี สนับสนุนให้นักเรียนใช้เหตุผลในการอธิบายถึงแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี นักเรียนมีบทบาทในการใช้ข้อมูลเดิมมาแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี อย่างมีหลักการและสามารถหาคำตอบได้ นำเสนอคำตอบและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหากับเพื่อน พร้อมทั้งตรวจสอบคำตอบขั้นตอนการแก้ปัญหของตนเอง ซึ่งในขั้นนี้ครูใช้เทคนิค SSCS ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **การค้นหา (Search: S)** เป็นการค้นหาข้อมูลจากโจทย์ปัญหาทางเคมี เพื่อวิเคราะห์ถึงข้อมูลที่โจทย์ให้มา และข้อมูลที่โจทย์ต้องการให้นักเรียนหา โดยครูมีบทบาทในการถามคำถามนักเรียนว่า “โจทย์ต้องการให้เราหาอะไร โจทย์ให้ข้อมูลอะไรเรามาบ้าง เราต้องการทราบข้อมูลอะไรเพิ่มเติมที่จำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหาอีกหรือไม่” นักเรียนมีบทบาทในการตีความหมายโจทย์ คิด วิเคราะห์ แยกแยะ และค้นหาข้อมูลถึงสิ่งที่โจทย์ให้ และสิ่งที่โจทย์ถาม รวมทั้งข้อมูลที่ต้องการทราบเพิ่มเติม

2. **การแก้ปัญหา (Solve: S)** เป็นการระบุแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เพื่อเลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีตามความถนัดของตนเอง ได้แก่ การใช้สูตร การเทียบบัญญัติไตรยางค์ และการตัดหน่วย โดยครูมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่ค้นหาจากขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ส่งเสริม

ให้นักเรียนนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปแล้วมาประยุกต์สู่แนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีอย่างรอบครอบ รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนตรวจสอบวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ หากนักเรียนเกิดปัญหาระหว่างการแก้โจทย์ปัญหา ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนย้อนกลับไปค้นหาข้อมูลในขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) ได้ จนกว่านักเรียนจะได้ข้อมูลที่ครบถ้วนในการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนมีบทบาทในการหาจุดสำคัญ เปรียบเทียบวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ตัดสินใจเลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาอย่างรอบครอบ ตรวจสอบวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา หากพบว่ามีผิดพลาด ต้องย้อนกลับไปค้นหาข้อมูลในขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) เพื่อค้นหาข้อมูลให้ครบถ้วนหรือปรับปรุงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา

3. การสร้างคำตอบ (Create: C) เป็นการนำข้อมูลจากขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปที่ผู้อื่นเข้าใจง่าย ได้แก่ การสรุปคำตอบที่ชัดเจน รวมทั้งการระบุหน่วยและสถานะของสาร การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เพื่อสรุปคำตอบ วิธีการ และขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา โดยครูมีบทบาทในการส่งเสริมให้นักเรียนจัดกระทำคำตอบให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย สนับสนุนให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบและวิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างรอบครอบ นักเรียนมีบทบาทในการสรุปคำตอบ ตรวจสอบคำตอบและวิธีการ และระดมสมองกับเพื่อนภายในกลุ่ม เพื่อสรุปวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้น

4. การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) เป็นการแลกเปลี่ยนวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนอาจมีวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาต่างกัน และอาจได้คำตอบที่ต่างกัน ซึ่งมีทั้งคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิด โดยนักเรียนที่ตอบถูก จะต้องนำวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหามาแลกเปลี่ยนกับเพื่อน ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดจะต้องวิเคราะห์ถึงข้อผิดพลาดว่า คืออะไร และเกิดขึ้นในขั้นตอนใด เพื่อเรียนรู้และปรับปรุงในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีต่อไป โดยครูมีบทบาทในการดำเนินการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู การสนับสนุนให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและพิจารณาวิธีการและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง นักเรียนมีบทบาทในการนำเสนอรายงานคำตอบ วิธีการ และขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับแนวคิดจากเรื่องที่เรียน รวมทั้งพิจารณาคำตอบ วิธีการ และขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา หากพบความผิดพลาดจะได้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

5. ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยกระบวนการต่าง ๆ ที่ไม่ตึงเครียดจนเกินไป เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ

การทดลองหรือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง รวมทั้งการแก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนมาแล้ว เพื่อประเมินว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้หรือไม่ ผ่านกิจกรรมการตอบคำถาม การเล่นเกมผ่านแอปพลิเคชัน หรือหาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม และตอบคำถามที่แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด

4) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี หมายถึง ความสามารถในการหาคำตอบจากโจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ โดยโจทย์ปัญหาทางเคมีจะมีลักษณะเป็นข้อความหรือสถานการณ์ที่กำหนด ดังนั้นนักเรียนจะต้องวิเคราะห์โจทย์เพื่อค้นหาข้อมูล แปลความจากข้อความที่โจทย์ให้เป็นสูตรเคมี สมการเคมี รวมทั้งดุลสมการเคมี ระบุแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามวิธีการ และสรุปคำตอบที่โจทย์ต้องการ พร้อมระบุหน่วยให้ครบถ้วน โดยการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ จากการสังเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักการศึกษาหลายท่าน (Adams et al., 1977, pp. 174-175; Baroody, 1993, pp. 8-10; Charles, & Lestre, 1982, pp. 10-12; Hedden, & Speer, 1992, pp. 34-35; Heimer, & Trueblood, 1977, p. 32) ซึ่งประยุกต์เกณฑ์การให้คะแนนตามแนวคิดของ Ray (2001) ซึ่งเป็นแบบรูปรีดแยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring Rubric) โดยกำหนดคะแนนตั้งแต่ 0 – 2 ตามองค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การค้นหาข้อมูล หมายถึง การวิเคราะห์โจทย์ปัญหา เพื่อจำแนกแยกแยะข้อมูลที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่ ข้อมูลที่โจทย์ให้ ข้อมูลที่โจทย์ถาม และข้อมูลที่ขาดหาย
2. การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล หมายถึง การเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อระบุแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ผ่านปัจจัยที่ใช้ในการเปลี่ยนหน่วยจากข้อมูลที่โจทย์ให้ไปสู่ข้อมูลที่โจทย์ถาม
3. การเลือกวิธีการ หมายถึง การเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับโจทย์ปัญหา และสามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามวิธีการที่เลือกไว้ ได้แก่ การใช้สูตร การเทียบบัญญัติไตรยางค์ และการตัดหน่วย

4. การคิดคำนวณ หมายถึง การนำทักษะทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การบวก ลบ คูณ หาร เศษส่วน การเปลี่ยนหน่วย และการตัดหน่วย มาใช้ในการคำนวณเพื่อสรุปคำตอบ พร้อมระบุหน่วยที่โจทย์ต้องการ

ซึ่งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีสามารถประเมินโดยแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีที่ประกอบด้วยโจทย์ปัญหาทางเคมี เนื้อหาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ครอบคลุมทั้ง 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) ปฏิริยาเคมี 2) สมการเคมี 3) การคำนวณปริมาณสารในปฏิริยาเคมี 4) สารกำหนดปริมาณ และ 5) ผลได้ร้อยละ ซึ่งมีข้อสอบเรื่องย่อยละ 1 ข้อ รวมเป็น 5 ข้อ ข้อละ 8 คะแนน รวมเป็น 40 คะแนนเต็ม โดยในแต่ละข้อจะให้นักเรียนระบุแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา แสดงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา และสรุปคำตอบ ซึ่งพิจารณาคะแนนในแต่ละข้อตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูปรีด

5) **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน** หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสำเร็จในการเรียนรู้ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่ประกอบด้วย 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) ปฏิริยาเคมี 2) สมการเคมี 3) การคำนวณปริมาณสารในปฏิริยาเคมี 4) สารกำหนดปริมาณ และ 5) ผลได้ร้อยละ ซึ่งประเมินได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามตารางวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญา ตามแนวคิดการวัดพฤติกรรมของบลูมที่ปรับปรุงใหม่ (Bloom's Revised Taxonomy) ในด้านพุทธิพิสัย โดยเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยเลือกวัดพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่

1. การจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการตระหนักหรือนึกถึงข้อมูลที่มีอยู่ออกมาใช้ในการเรียนรู้ได้ เช่น การจำสัญลักษณ์ธาตุ สูตรสารประกอบ หรือสูตรที่ใช้ในการคำนวณได้

2. การเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการตีความ อธิบาย ความหมาย และสรุป เช่น การตีความจากสถานการณ์ตัวอย่างมาเป็นสมการเคมีได้

3. การประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน เช่น การนำความรู้เรื่องอัตราส่วนโดยโมลจากการทดลองปฏิริยาเคมีระหว่างโซเดียมฟอสเฟตกับแบเรียมคลอไรด์มาใช้ในการเขียนและดุลสมการเคมี

4. การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาสิ่งที่ได้เรียนรู้ผ่านการจำแนก แยกแยะ หรือเปรียบเทียบ เช่น การระบุได้ว่าสารตั้งต้นใดเป็นสารกำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี

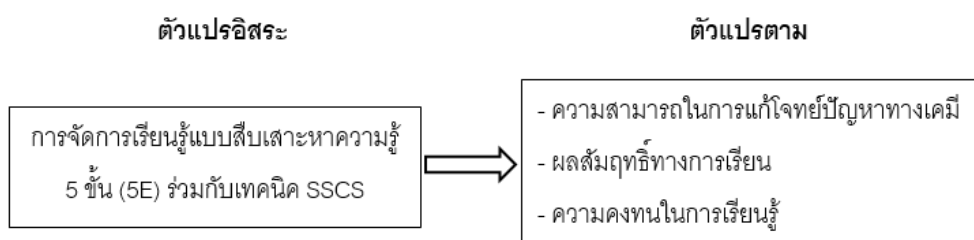
สำหรับการประเมินค่า (Evaluating) เป็นพฤติกรรมที่มุ่งเน้นการตัดสินใจ การเลือก หรือการตรวจสอบจากสิ่งที่ได้เรียนรู้ของผู้บริบทของตนเอง และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) เป็นพฤติกรรมที่เน้นการสังเคราะห์ เพื่อเชื่อมโยงความรู้ผ่านการสร้าง การวางแผน หรือการผลิต ซึ่งเมื่อพิจารณาถึงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 2 เคมี ว. 2.1 ม.4/1-7 ที่มุ่งเน้นการแปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมีและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน ระบุสารกำหนดปริมาณ และคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี และคำนวณผลได้ร้อยละ ผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี พบว่า ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางดังกล่าว ทั้ง 7 ตัวชี้วัด มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนในด้านการจำ (Remembering) การเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) และการวิเคราะห์ (Analyzing) มากกว่าการประเมินค่า (Evaluating) และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) ผู้วิจัยจึงเลือกวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนเพียง 4 ด้าน

6) **ความคงทนในการเรียนรู้** หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงความรู้เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่ประกอบด้วย 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) ปฏิกิริยาเคมี 2) สมการเคมี 3) การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี 4) สารกำหนดปริมาณ และ 5) ผลได้ร้อยละ ที่ได้เรียนไปแล้ว หลังจากผ่านช่วงระยะเวลาไป 2 สัปดาห์

ซึ่งความคงทนในการเรียนรู้สามารถประเมินโดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่ครอบคลุมเนื้อหา เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ทั้ง 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) ปฏิกิริยาเคมี 2) สมการเคมี 3) การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี 4) สารกำหนดปริมาณ และ 5) ผลได้ร้อยละ และครอบคลุมพฤติกรรมในด้านพุทธิพิสัยทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ 1) การจำ (Remembering) 2) การเข้าใจ (Understanding) 3) การประยุกต์ใช้ (Applying) และ 4) การวิเคราะห์ (Analyzing) โดยเป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน รวมเป็น 30 คะแนนเต็ม ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อแบบ 0 หรือ 1 คือ ข้อที่ตอบถูกให้ 1 คะแนน ส่วนข้อที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน

กรอบแนวคิดในการวิจัย

กรอบแนวคิดการวิจัยในครั้งนี้ เกิดจากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นวิธีการสอนที่ให้ความสำคัญกับนักเรียนหรือนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาความคิด รู้จักใช้เหตุผลในการวิเคราะห์บทเรียน ส่งผลให้นักเรียนพัฒนาตัวเองและสามารถนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปประยุกต์ใช้ได้ (พันธ์ ทองชุม, 2544, น. 57) ด้วยการแสวงหาความรู้ มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนเรียนคิดหาเหตุผล ลงมือปฏิบัติ เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ ความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, น. 17) นอกจากนี้ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าในการเรียน (สุภาพร พรไตร, 2557, น. 11-21) ซึ่งเทคนิค SSCS เป็นอีกแนวทางการเรียนการสอนแก้ปัญหาที่มีพื้นฐานมาจากการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Pizzini et al., 1989, pp. 528-529) โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS ทำให้นักเรียนตื่นตัว สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ สร้างความมั่นใจ สามารถแก้ปัญหาของตนเอง และทำให้จำบทเรียนได้ดี (อุไรวรรณ รักดอน, 2542, น. 57) ในการเรียนเคมีคำนวณ การแก้โจทย์ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญ เพราะการจัดการเรียนรู้และการทดสอบส่วนใหญ่มุ่งให้นักเรียนค้นหาคำตอบที่เป็นตัวเลข ดังนั้นกระบวนการแก้ปัญหา (Problem Solving Process) จึงเป็นทักษะที่สำคัญอย่างมากของผู้เรียนในการเรียนเคมีคำนวณ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2546, น. 22) ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเทคนิค SSCS มาสอดแทรกในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการสืบค้นด้วยตนเองด้วยตนเอง (วัฒนาพร กระจับทุกข์, 2545, น. 16) ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ มีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา เกิดเป็นความคงทนในการเรียนรู้ ที่ทำให้นักเรียนสามารถจดจำความรู้ได้นาน และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542, น. 156-157) โดยสามารถสรุปเป็นกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)
5. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความคงทนในการเรียนรู้

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
 - 1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 1.2 ความเป็นมาและแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
 - 1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
 - 1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
 - 1.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SSCS
 - 2.1 ความเป็นมาของเทคนิค SSCS
 - 2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SSCS
 - 2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS
 - 2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS
 - 2.5 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS
 - 3.1 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS
 - 3.2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS
4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี
 - 4.1 ความหมายของโจทย์ปัญหา
 - 4.2 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
 - 4.3 องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
 - 4.4 อุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหา

- 4.5 ขั้นตอนและวิธีในการแก้โจทย์ปัญหา
- 4.6 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
- 5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 5.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 5.3 ลำดับขั้นการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 5.4 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 5.5 การหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้
 - 6.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้
 - 6.2 ความหมายของความจำ
 - 6.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำ
 - 6.4 ขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ การจดจำ และการลืม
 - 6.5 การวัดและประเมินความคงทนในการเรียนรู้
- 7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
 - 7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS
 - 7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา
 - 7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้

1. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนักการศึกษาหลายท่าน (วัฒนาพร กระจับทุกข์, 2545, น. 16; ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, น. 174; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, น. 66-67; สุคนธ์ สิ้นธพานนท์, 2545, น. 194) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ โดยผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนาความสามารถทางความคิดและการแก้ปัญหา เน้นสร้างประสบการณ์ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการทางความคิด การลงมือปฏิบัติ การสำรวจตรวจสอบ และวิธีการต่าง ๆ เพื่อค้นหาความรู้หรือ

ความจริง เกิดเป็นความเข้าใจอย่างถ่องแท้ จนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ ตลอดจนเก็บข้อมูลไว้ในระยะยาว และสามารถนำข้อมูลมาใช้เมื่อเผชิญสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายสถานการณ์เดิมได้ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้กำหนดประเด็นที่ใช้ในการศึกษา โดยประเด็นนั้นต้องสัมพันธ์กับหลักสูตรและสอดคล้องกับเรื่องที่เรียน ถามคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิด ความสงสัยหรือเกิดความสนใจในเรื่องที่เรียน ตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับนักเรียนมากกว่าผลลัพธ์ที่ได้ ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและร่วมกันอภิปราย เพื่อสรุปเป็นองค์ความรู้ ตลอดจนอำนวยความสะดวกให้แก่ นักเรียน เช่น การจัดกิจกรรมที่เอื้อต่อการสืบเสาะหาความรู้ การเตรียมสื่อและแหล่งการเรียนรู้ให้เพียงพอแก่นักเรียน เพื่อให้ นักเรียนได้ค้นพบความรู้หรือหลักการที่ถูกต้องด้วยตนเอง และประสบความสำเร็จในการเรียนรู้มากที่สุด

1.2 ความเป็นมาและแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

(5E)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และนักวิจัยหลายท่าน (Barman, & C.R., 1992, pp. 47-48; Lawson, 1989, p. 134; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546, น. 44-45) ได้กล่าวถึงความเป็นมาและแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ไว้ในหนังสือ บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสรุปเกี่ยวกับความเป็นมาและแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ได้ ดังนี้

ความเป็นมาและแนวคิดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) พัฒนามาจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ของ Atkin และ Karplus โดยทั้งสองท่านได้เข้าร่วมโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study หรือ SCIS) มีการพัฒนาและปรับปรุงขั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ครูเข้าใจง่ายขึ้น เกิดเป็น การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ขั้น ได้แก่ 1. ขั้นสำรวจ (Exploration) 2. ขั้นแนะนำโนทัศน์ (Concept Application) และ 3. ขั้นประยุกต์ใช้โนทัศน์ (Concept application) ต่อมาในปี ค.ศ. 1992 Barman ได้พัฒนาต่อยอดการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักร การเรียนรู้จาก 3 ขั้น เป็น 4 ขั้น โดยทำการเพิ่มขั้นที่ 4 คือ ขั้นประเมินผลและอภิปราย (Evaluation and Discussion Phase) และภายหลังจากนักวิทยาศาสตร์ได้เปลี่ยนชื่อในบางขั้น และเปลี่ยนชื่อ การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้เป็น 4E ประกอบด้วย 4 ขั้น ได้แก่ 1. ขั้นสำรวจ (Exploration Phase) 2. ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) 3. ขั้นขยายมโนทัศน์ (Expansion Phase) และ 4. ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ต่อมานักศึกษาจากกลุ่มโครงการศึกษา

หลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Study หรือ BSCS) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบ 5E หรือการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5. ขั้นประเมิน (Evaluation) จากนั้น สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้พัฒนาหลักสูตรการเรียนการสอนที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การวางแผนออกแบบการทดลอง การค้นคว้าด้วยตนเอง และการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการคิด และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้จากเรื่องที่เรียน ตลอดจนเกิดเป็นองค์ความรู้ การจัดการเรียนรู้อย่างกล่าว จึงถูกนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู่วิทยาศาสตร์ สำหรับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานในปัจจุบัน

1.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E)

นักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้แบ่งขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้นตอน (Bybee et al., 2006, อ้างถึงใน นันทิยา บุญเคลือบ, 2540, น. 11-15) ดังนี้

1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้เป็นการแนะนำบทเรียนหรือประเด็นที่สนใจ ประเด็นอาจมาจากผู้เรียนนำเสนอหรือผู้สอนเป็นผู้เสนอแนะในห้องเรียน กิจกรรมการเรียนการสอนประกอบด้วย การซักถามประเด็นปัญหา การถกประเด็นปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมายที่ต้องการ ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนการสอนควรจะอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์เดิมที่ผู้เรียนได้เรียนมาแล้ว

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้กระตุ้นให้ผู้เรียนได้เกิดการปรับขยายความคิด โดยผู้เรียนได้รับคำแนะนำ คำชี้แจงจากผู้สอน และมีการเตรียมวัสดุอุปกรณ์ไว้อย่างเพียงพอ ผู้สอนไม่ควรบอกผู้เรียนว่า จำต้องเรียนอะไรและต้องไม่อธิบายแนวคิดมากนัก เพื่อให้การสำรวจดำเนินต่อไปได้ ผู้เรียนต้องมีบทบาทร่วมกันในการรับผิดชอบต่อสิ่งที่สำรวจ การเก็บรวบรวมและ/หรือการบันทึกข้อมูลของตนเอง ผลที่ได้จากการสำรวจจะนำมาสร้างคำอธิบายตามความหมายและความเข้าใจของตนเอง

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) ขั้นนี้มุ่งหาสิ่งอำนวยความสะดวกทางจิตใจให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนวางแผนความคิดเกี่ยวกับบทเรียนด้วยความร่วมมือระหว่างผู้เรียนและผู้สอน ซึ่งมีส่วนในการเลือกและจัดทำสภาพแวดล้อมของชั้นเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการปรับขยาย

โครงสร้างทางปัญญา สามารถกำหนดมโนทัศน์ตามความเข้าใจของตนเอง ผู้สอนเสนอแนะแนวทางแก่ผู้เรียนจนสร้างคำอธิบายตามความเข้าใจหรือกรอบแนวคิดของตน

4. **ขั้นขยายความรู้ (Expansion)** ขั้นนี้มุ่งกระตุ้นความร่วมมือของกลุ่ม ผู้เรียนจัดระเบียบประสบการณ์ทางความคิดผ่านการค้นพบ ทำการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว มโนทัศน์ที่สร้างขึ้นต้องเชื่อมโยงกับความคิดอื่นหรือประสบการณ์อื่นที่สัมพันธ์กัน ผู้เรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ โดยการขยายความคิดจากตัวอย่างหรือจัดประสบการณ์เชิงสำรวจ สามารถค้นคว้าหารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษาใช้ทักษะต่าง ๆ รวมถึงการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น

5. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** ขั้นนี้เป็นการทดสอบความรู้ ความเข้าใจตามมาตรฐานการเรียนรู้ การประเมินผลควรต่อเนื่องซึ่งไม่ใช่การสิ้นสุดของบทเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, น. 66-67) ได้อธิบายถึงขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อพัฒนากระบวนการคิดไว้ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน โดยอาจใช้ประเด็นที่นักเรียนสนใจหรือสงสัย หรืออาจเกิดจากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียน

2. **ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration)** เป็นการวางแผน เพื่อกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ในการสำรวจตรวจสอบ ผ่านการตั้งสมมติฐาน การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นการจัดกระทำข้อมูลและอธิบายถึงเหตุผลหรือข้อเท็จจริงที่ได้ข้อมูลนั้นมา โดยนำข้อมูลหรือข้อเสนอแนะที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เข้าใจง่าย

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลอง หรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

5. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด

จากข้อมูลสรุปได้ว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4. ขั้นขยายความรู้ (Expansion) และ

5. **ขั้นประเมินผล (Evaluation)** ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ตามรูปแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ได้พัฒนาให้สอดคล้องกับหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานและพัฒนาการของนักเรียนในปัจจุบัน โดยสรุปในแต่ละขั้นที่มีลักษณะ จุดประสงค์ บทบาทของครู และบทบาทของนักเรียน ดังนี้

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม โดยครูมีบทบาทเป็นผู้สร้างความสนใจ ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด นักเรียนมีบทบาทในการตรวจสอบความรู้หรือทบทวนความรู้เดิมของตนเอง มีความกระตือรือร้น รู้จักตั้งคำถาม และแสดงความสนใจ

2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้นักเรียนตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล โดยครูมีบทบาทเป็นผู้แนะแนวทางวิธีการตรวจสอบ เช่น ทำการทดลอง การศึกษาหาข้อมูล รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน สังเกตและฟังคำตอบของนักเรียน ตลอดจนให้คำปรึกษาแก่นักเรียน นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้แสดงความคิดอย่างอิสระ ทดสอบสมมติฐาน พยายามแก้ปัญหา บันทึกการสังเกต ให้ข้อสังเกต และลงข้อสรุป

3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นการนำข้อมูลที่ได้อธิบายวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนสรุปองค์ความรู้ในเรื่องที่ศึกษา โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดรวบยอด สนับสนุนให้นักเรียนแสดงหลักฐาน หรือให้เหตุผลประกอบ นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ รวมทั้งฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อนหรือครูอธิบาย

4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ที่กว้างขึ้น และมีทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายสถานการณ์เดิมได้ โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ให้นักเรียนได้อธิบายอย่างหลากหลาย และถามคำถามนักเรียนว่า ได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวคิดอะไร นักเรียนมีบทบาทในการใช้ข้อมูลเดิมในการสร้างคำอธิบาย ตลอดจนลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล และตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน

5. **ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation)** เป็นการประเมินความรู้ของนักเรียนผ่านกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตรวจสอบว่า นักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาที่เรียนไปแล้วถูกต้องครบถ้วน

หรือไม่ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้หรือไม่ โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม และตอบคำถามที่แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด

1.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ครูควรทำความเข้าใจในบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียน เพื่อให้การจัดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ โดยบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) (Montgomery County Public School, 2001, อ้างถึงใน ธรรมนูญ ดำชะอม, 2553, น. 33-34) สรุปได้ดัง ตาราง 1

ตาราง 1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดรวบยอด	- ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนั้น - จินตนาการ ชื่นได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ - แสดงความสนใจ
2. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนค้นคว้าหาคำตอบร่วมกัน - สังเกตและฟังคำตอบของนักเรียน - ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความรู้ของตนเอง - ให้อาจารย์นักเรียนในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหา - ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขต - ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน - พยายามหาทางเลือกใน - การแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุป

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
3. อธิบายและ ลงข้อสรุป (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงแนวคิดจากเรื่องที่เรียนตามความเข้าใจของตนเอง โดยใช้คำพูดที่นักเรียนเข้าใจง่าย - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง - ส่งเสริมให้นักเรียนใช้หลักการและเหตุผลในการอธิบายหรือแสดงความคิดเห็น	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - เปิดใจรับฟังความคิดเห็นทั้งของเพื่อนและของครู - พยายามนำความรู้จากกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติ เช่น นำผลการทดลองมาอ้างอิงในการสรุปความรู้
4. ขยายความรู้ (Elaboration)	- มุ่งหวังให้นักเรียนได้ใช้ประโยชน์จากการสืบสวนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความและการอธิบายสิ่งที่เรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นหรืออธิบาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือแนวคิดอะไร (ที่จะนำกลวิธีจากการสำรวจตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)	- สืบสวนส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ได้จากข้อมูลหรือหลักฐาน คำจำกัดความ คำอธิบาย และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ถามคำถามจากเรื่องที่เรียนเพื่อกำหนดเป้าหมายในการแก้ปัญหา ตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง - ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ - บันทึกการสังเกตและอธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน ๆ

ตาราง 1 (ต่อ)

ขั้นการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
5. ชั้นประเมินผล (Evaluation)	- สังเกตนักเรียน เมื่อนักเรียนนำเสนอความคิดหรือทักษะที่เกิดจากเรื่องที่เรียนไปประยุกต์ใช้ - ทำหน้าที่ประเมินทั้งความรู้และพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความเข้าใจของนักเรียน - หาหลักฐานที่สนับสนุนว่า นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้อง - ให้นักเรียนได้ประเมินตนเอง เมื่อมีการทำกิจกรรมกลุ่ม - ใช้คำถามในลักษณะปลายเปิด เช่น เพราะอะไรนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น	- ตอบคำถามโดยใช้การสังเกตจากหลักฐาน และจากทฤษฎี - แสดงพฤติกรรมที่บ่งบอกว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดที่ถูกต้อง - ประเมินตนเอง - ระบุคำถามที่สามารถนำไปสู่ประเด็นใหม่ที่สามารถตรวจสอบได้

ที่มา: Montgomery County Public School. (2001). อ้างถึงใน ณัฐกรณ์ คำชะอม. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และวิธีการทางประวัติศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. หน้า 33-34.

จากข้อมูลสรุปได้ว่า บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) สรุปได้ ดังนี้

บทบาทของครู คือ กระตุ้นความสนใจให้นักเรียนอยากเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน สังเกตและฟังเมื่อนักเรียนมีการโต้ตอบระหว่างกัน ชักถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่การสำรวจ ให้นเวลาให้นักเรียนในการคิดและเป็นที่ปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงแนวคิดพร้อมแนบหลักฐานประกอบที่แสดงถึงการสนับสนุนแนวคิดนั้น ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปใช้ในการแก้ปัญหาเมื่อพบเจออุปสรรค หรือ ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายสถานการณ์เดิม รวมทั้งประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน

บทบาทของนักเรียน คือ ตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเอง แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ สามารถอภิปรายร่วมกับครูและเพื่อนได้ อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ มีหลักฐานในการประกอบคำอธิบายและข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิมได้

1.5 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

นักการศึกษา (พันธ์ ทองชุม, 2544, น. 57; ภพ เลหาไพบุลย์, 2542, น. 156-157) ได้กล่าวถึง ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ดังนี้

ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้พัฒนากระบวนการคิดอย่างเต็มความสามารถ และรู้จักใช้เหตุผลในการวิเคราะห์บทเรียน
2. นักเรียนได้ฝึกฝนทั้งกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ และทักษะต่าง ๆ ผ่านกระบวนการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด สามารถจดจำความรู้ได้นาน เกิดเป็นความคงทนในการเรียนรู้ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้
3. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลาง
4. นักเรียนสร้างองค์ความรู้และมีความเข้าใจในหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
5. ส่งเสริมให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์

ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย

1. เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้เวลาในการสอนแต่ละครั้งค่อนข้างมาก
2. หากครูยกตัวอย่างสถานการณ์หรือจัดกิจกรรมที่ไม่น่าสนใจ ไม่เข้าใจ อาจทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมน้อยลง ทำให้บรรยากาศการเรียนการสอนไม่น่าสนใจเท่าที่ควร ดังนั้นครูควรคำนึงถึงสถานการณ์หรือการจัดกิจกรรมเป็นสำคัญ เพื่อให้นักเรียนให้ความร่วมมือในการปฏิบัติมากที่สุด
3. หากครูเข้มงวดหรือควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป อาจทำให้นักเรียนไม่กล้าแสดงความคิดเห็น และขาดความกระตือรือร้นในการลงมือปฏิบัติค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองเท่าที่ควร
4. สำหรับเนื้อหาวิชาที่มีความซับซ้อน จะส่งผลให้นักเรียนที่มีสติปัญญาอยู่ในระดับต่ำไม่สามารถศึกษา ค้นคว้า และหาความรู้ด้วยตนเองได้
5. นักเรียนบางคนมีวุฒิภาวะความเป็นผู้ใหญ่ไม่มากพอ ทำให้ขาดแรงจูงใจในการศึกษาปัญหา รวมทั้งนักเรียนที่ครูต้องคอยกระตุ้นในการเรียนเป็นประจำ อาจมีความเข้าใจในเรื่องที่เรียนบางส่วนหรือเรียนรู้ได้ครบกระบวนการจัดการเรียนการสอน แต่ไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนอย่างเต็มประสิทธิภาพ

6. การจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีนี้ย่อมสม่ำเสมอ อาจทำให้นักเรียนมีความสนใจในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองลดลง

จากข้อมูลสรุปได้ว่า ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีดังนี้

ข้อดี คือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ มุ่งพัฒนานักเรียนในด้านสติปัญญา กระบวนการคิด การแก้ปัญหา การตัดสินใจ และทักษะต่าง ๆ ทำให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้และการแก้ปัญหา ผ่านการศึกษาค้นคว้าหาความรู้และการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เกิดเป็นความคงทนในการเรียนรู้ และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค ตลอดจนสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้

ข้อจำกัด คือ ครูต้องการวางแผนการจัดการเรียนรู้อย่างรอบคอบ เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ในเวลาที่กำหนด แต่ต้องไม่ควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป รวมทั้งต้องยกสถานการณ์และจัดกิจกรรมที่น่าสนใจ เพื่อสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้ โดยเฉพาะในนักเรียนที่มีสติปัญญาอยู่ในระดับต่ำและในเนื้อหาวิชาที่ค่อนข้างยาก รวมทั้งควรจัดกิจกรรมที่มีความหลากหลาย และการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้ควรคำนึงถึงความเหมาะสมของเนื้อหาวิชา เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีนี้สม่ำเสมออาจส่งผลให้นักเรียนมีความสนใจในการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองลดลง

2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SSCS

2.1 ความเป็นมาของเทคนิค SSCS

การเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ SSCS เกิดจากการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนที่เน้นการแก้ปัญหา โดยมีพื้นฐานมาจากการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและสรุปเกี่ยวกับความเป็นมาของการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ SSCS ได้ดังนี้ พิซซินี และคนอื่น ๆ (Pizzini et al., 1989, p. 528) ได้ทำการศึกษาค้นคว้ารายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ ที่ศูนย์กลางการศึกษาทางวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยไอโอวา โดยเฉพาะการศึกษาขั้นตอนในแต่ละขั้นตอนของการสอนการแก้ปัญหาในรูปแบบ CPS (Creative Problem Solving) ของ ออสบอร์น และ พาร์น (Osborn; & Parnes, 1967, as cited in Mitchell; & Kowalik, 1989, p. 4) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การค้นหาข้อเท็จจริง (Fact-finding) 2) การค้นหาปัญหา (Problem-finding) 3) การค้นหาแนวความคิดในการแก้ปัญหา (Idea-finding) 4) การค้นหาแนวทางการแก้ปัญหา (Solution-finding) และ 5) การค้นหาแนวทางที่เป็นที่ยอมรับ (Acceptance-finding) และศึกษาขั้นตอนการสอนการแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบ IDEAL (Identify: I, Define: D,

Explore: E, Act: A and Look: L) ของ แบรินฟอร์ด และ สไตน์ (Bransford; & Stein, 1984, as cited in Kirkley, 2003, p. 3) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การจำแนกแยกแยะปัญหา (Identifying the Problem) 2) การตีความหมายและการนำเสนอปัญหา (Defining and Representing the Problem) 3) การค้นหาวิธีการอื่นๆ (Exploring Alternative Strategies) 4) การลงมือแก้ปัญหาตามวิธีการ (Acting on the Stragies) และ 5) การมองย้อนกลับและการประเมินผลกระทบ (Looking Back and Evaluating the Effect) จากการแก้ปัญหาทั้ง 2 รูปแบบ พิซซินี และคนอื่นๆ ได้สังเคราะห์การแก้ปัญหารูปแบบใหม่ที่เหมาะสมระหว่าง การแก้ปัญหาแบบ CPS และการแก้ปัญหาแบบ IDEAL เพื่อให้มีขั้นตอนที่ง่ายและชัดเจนขึ้น เหมาะกับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลายและนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา โดยปรับให้เหลือเพียง 4 ขั้นตอน และใช้ชื่อว่า การสอนการแก้ปัญหาโดยใช้รูปแบบ SSCS (Search: S, Solve: S, Create: C and Share: S) (Pizzini et al., 1989, p. 528)

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค SSCS

การสอนแบบ SSCS ถูกพัฒนาขึ้นมาจากสมมติฐานที่เชื่อว่า นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาได้ดีที่สุด เมื่อนักเรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์ของตนเอง โดยอาศัยกระบวนการคิดที่เกิดจากประสบการณ์จากการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ (Butt, 1966, อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2561, น. 412)

สเตอร์นเบิร์ก (Sternberg, 1986, pp. 41-78) ได้เสนอกระบวนการคิดที่นำไปสู่การแก้ปัญหาตามทฤษฎีการประมวลผลข้อมูลไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนิยามธรรมชาติของปัญหา เพื่อทำความเข้าใจและทบทวนปัญหา นำไปสู่การกำหนดนิยาม และวัตถุประสงค์
2. การเลือกองค์ประกอบ เพื่อวางแผนเลือกขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหาให้มีความเหมาะสม โดยควรเลือกขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ไม่ยากจนเกินไปนัก แล้วจึงกำหนดขั้นตอนในลำดับถัดไปที่ละขั้น
3. การเลือกวิธีในการแก้ปัญหา เพื่อวิเคราะห์ถึงวิธีที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา โดยควรพิจารณาอย่างรอบคอบ และครอบคลุมถึงปัญหาและอุปสรรคที่อาจพบได้
4. การเลือกตัวแทนทางความคิดเกี่ยวกับข้อมูลของปัญหา ซึ่งต้องทราบรูปแบบความสามารถของตน ใช้ตัวแทนทางความคิดในรูปแบบต่าง ๆ จากความสามารถที่ตนมีอยู่ ตลอดจนใช้ตัวแทนจากภายนอกมาเพิ่มเติม

5. การกำหนดแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์จะต้องมีการทุ่มเทเวลาให้กับ การวางแผนอย่างรอบคอบ ใช้ความรู้ที่มีอยู่อย่างเต็มที่ในการวางแผน และการกำหนดแหล่งข้อมูล ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ มีความยืดหยุ่นในการเปลี่ยนแปลงแผนและแหล่งข้อมูล เพื่อให้สอดคล้อง กับสภาพการณ์ในการแก้ปัญหา และแสวงหาแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์แหล่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ

6. การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหาว่าเป็นวิธีที่นำไปสู่เป้าหมายที่วางไว้หรือไม่

จากข้อมูลสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค SSCS ถูกพัฒนาขึ้นจาก การแก้ปัญหาตามทฤษฎีการประมวลข้อมูล 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การนิยามธรรมชาติของปัญหา 2. การแยกองค์ประกอบ 3. การเลือกกลวิธีในการจัดลำดับองค์ประกอบในการแก้ปัญหา 4. การเลือกตัวแทนทางความคิดเกี่ยวกับข้อมูลของปัญหา 5. การกำหนดแหล่งข้อมูล ที่เป็นประโยชน์แนวคิดและ 6. การตรวจสอบวิธีการแก้ปัญหา โดยทฤษฎีดังกล่าวทำให้มองเห็น แนวทางและขั้นตอนที่จะนำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ทักษะ และประสบการณ์ในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วย SSCS

พิซซินี และคนอื่น ๆ (Pizzini et al., 1989, pp. 528-529) กล่าวถึงหลักการสอนแบบ SSCS และกระบวนการเรียนการสอนแบบ SSCS ดังนี้

1. หลักการสอนแบบ SSCS มีดังนี้
 - 1.1 ครูควรมีความเข้าใจถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล เพื่อพัฒนานักเรียน แต่ละคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาแตกต่างกัน ให้สามารถแก้ปัญหาได้
 - 1.2 ครูควรฝึกให้นักเรียนได้แก้ปัญหาด้วยตนเอง เพื่อให้นักเรียนได้ระบุ ปัญหา วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ทดลองแก้ปัญหา และหาคำตอบจากการแก้ปัญหา ตลอดจน มีสามารถในการแก้ปัญหา โดยครูเป็นเพียงผู้ช่วยเหลือและให้คำปรึกษา
 - 1.3 ครูควรช่วยเหลือนักเรียนเรียนในการพัฒนากลยุทธ์ที่ใช้ในการรับ และดำเนินการกับข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด
 - 1.4 ครูควรชี้ให้นักเรียนเห็นถึงข้อผิดพลาดในการแก้ปัญหของตนเอง เมื่อนักเรียนแก้ปัญหาผิดพลาด
 - 1.5 ครูควรแสดงให้นักเรียนเห็นว่านักเรียนมีสมมติฐานที่เพียงพอ ในการแก้ปัญหาหรือไม่
 - 1.6 ครูควรเปิด โอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่าง เต็มความสามารถ

2. กระบวนการเรียนการสอนแบบ SSCS จะเกิดขึ้นได้ดีที่สุดเมื่อได้รับการสอนที่มีความเกี่ยวข้องกับการค้นคว้าวิธีการแก้ปัญหาซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 การค้นหา (Search: S) หมายถึง การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อวิเคราะห์ แยกแยะ และหาความสัมพันธ์ของประเด็นของปัญหา ผ่านกิจกรรมการศึกษา ค้นคว้า เช่น การถามคำถาม การค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายจากความเข้าใจของตนเองได้อย่างสอดคล้องกับหลักการและจุดประสงค์ของเรื่องที่เรียน

2.2 การแก้ปัญหา (Solve: S) หมายถึง การวางแผนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนต้องวางแผนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ประกอบกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหา หากระหว่างการแก้ปัญหาเกิดอุปสรรค นักเรียนสามารถย้อนกลับไปค้นหาข้อมูลในขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) ได้อีก เพื่อนำข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมมาประยุกต์และปรับปรุงในการแก้ปัญหาได้

2.3 การสร้างคำตอบ (Create: C) หมายถึง การนำข้อมูลจากขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) มาจัดกระทำและนำเสนอให้อยู่ในรูปที่ผู้อื่นเข้าใจง่าย เช่น การสรุปคำตอบที่ชัดเจน การใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายหรือการนำเสนอในรูปแบบของตารางหรือกราฟ

2.4 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) หมายถึง การแลกเปลี่ยนวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนอาจมีวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาดังกล่าว และอาจได้คำตอบที่ต่างกัน ซึ่งมีทั้งคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิด โดยนักเรียนที่ตอบถูก จะต้องนำวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหามาแลกเปลี่ยนกับเพื่อน ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดจะต้องวิเคราะห์ถึงข้อผิดพลาดว่า คืออะไร และเกิดขึ้นในขั้นตอนใด เพื่อเรียนรู้และปรับปรุงในการแก้ปัญหาต่อไป

เทคนิคการสอนแบบ SSCS มีแนวทางการสอนและกระบวนการเรียน ดังตาราง 2 ต่อไปนี้

ตาราง 2 แนวทางและกระบวนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS

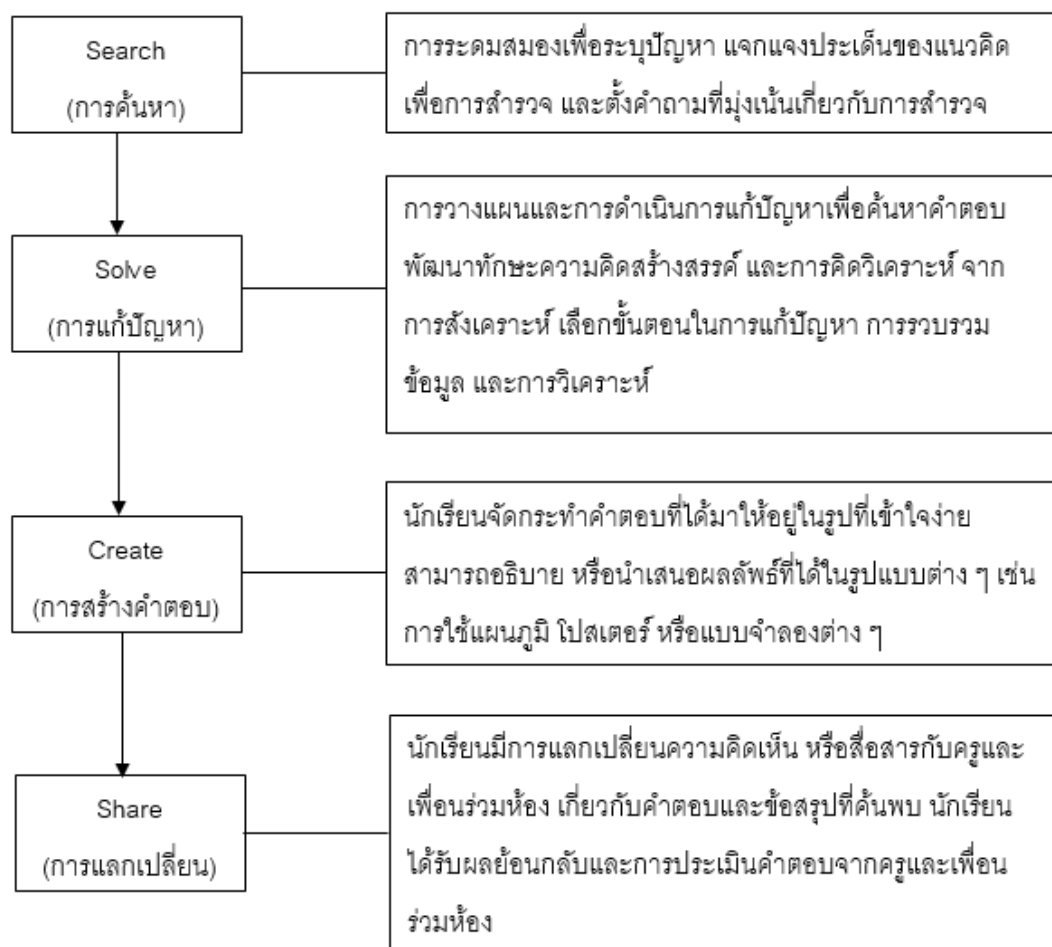
ขั้นตอน	แนวทาง (Approaches)	กระบวนการ (Processes)
1. การค้นหา (Search: S)	- ระบุปัญหาโดยใช้คำถาม อะไรใคร เมื่อไร ที่ไหน อย่างไร - หาข้อมูลเพิ่มเติมโดยการตั้งคำถามว่าอะไรเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องรู้และจะค้นหาสิ่งเหล่านั้นได้จากที่ไหน - นึกถึงปัญหาโดยใช้คำถาม อะไรใคร เมื่อไร ที่ไหน อย่างไร - หาข้อมูลเพิ่มเติมโดยการตั้งคำถามว่าอะไรเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องรู้และจะค้นหาสิ่งเหล่านั้นได้จากที่ไหน - ระบุนแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา	- การระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหา - การสังเกต - การวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา - การจำแนก - การให้เหตุผลประกอบ - การตั้งคำถาม - การค้นหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง - การสืบเสาะหา - การตั้งสมมติฐาน - การคาดการณ์ล่วงหน้า - การประเมินผล - การทดสอบสมมติฐาน
2. การแก้ปัญหา (Solve: S)	- วางแผนการแก้ปัญหา - วางแผนการใช้เครื่องมือ	- การระดมความคิดเพื่อแก้ปัญหา - การวิเคราะห์ประเด็นสำคัญ - การเปรียบเทียบ - การจำแนก - การกำหนดแนวทาง - การให้นิยาม - การออกแบบ - การนำไปใช้ - การสังเคราะห์ - การทดสอบ - การพิสูจน์

ตาราง 2 (ต่อ)

ขั้นตอน	แนวทาง (Approaches)	กระบวนการ (Processes)
3. การสร้างคำตอบ (Create: C)	- การนำข้อมูลและแนวคิดที่ตนเองใช้ในการแก้ปัญหา มาจัดกระทำในรูปที่เข้าใจง่าย	- การยอมรับผล - การปฏิเสธผล - การปรับปรุง - การแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา - การทำให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น - การสื่อสาร - การแสดงผล
4. การแลกเปลี่ยน ความคิดเห็น (Share: S)	- การสื่อสารและการปฏิสัมพันธ์ - การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น - การให้ข้อมูลย้อนกลับ - การประเมินผลการแก้ปัญหา	- การประเมินผล - การแสดงผล - การรายงานผล - การให้คำบรรยาย - การตั้งคำถาม - การอ้างอิง - การปรับปรุง

ที่มา: ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2561). 80 นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 8). หน้า 527 – 529.

อแวง และ แรมลี (Awang; & Ramly, 2008, อ้างถึงใน สันนิสา สมัยอยู่, 2554, น. 23) ได้เสนอขั้นตอนการเรียนการสอนแบบ SSCS ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการสอนตามรูปแบบ SSCS

ที่มา: อแวง และ แรมลี (Awang; & Ramly). (2008) อ้างถึงใน สันนิสา สมัยอยู่. (2554). ผลการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว. หน้า 23.

จากข้อมูลสรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค SSCS มีครูและกระบวนการเรียนการสอนเป็นสิ่งสำคัญในการจัดการเรียนรู้ โดยครูมีหน้าที่ช่วยเหลือนักเรียนในทุกขั้นตอนของการแก้ปัญหา รวมทั้งชี้แจงข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ เพื่อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมี

ประสิทธิภาพมากที่สุด ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิค SSCS ที่เน้นการสอนการแก้ปัญหา จะเกิดได้ดีสุดเมื่อประกอบด้วย 4 ขั้นตอน สรุปได้ดังนี้

1. การค้นหา (Search: S) เป็นการค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อวิเคราะห์ แยกแยะ และหาความสัมพันธ์ของประเด็นของปัญหา ผ่านกิจกรรมการศึกษา ค้นคว้า เช่น การถามคำถาม การค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ โดยครูมีบทบาทในการตั้งคำถาม นักเรียนมีบทบาทในการสังเกต การวิเคราะห์ การจำแนกแยกแยะ และการสืบเสาะหาข้อมูล

2. การแก้ปัญหา (Solve: S) หมายถึง การวางแผนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนต้องวางแผนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ประกอบกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหา หากระหว่างการแก้ปัญหาเกิดอุปสรรค นักเรียนสามารถย้อนกลับไปค้นหาข้อมูลในขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) ได้อีก เพื่อนำข้อมูลที่ได้เพิ่มเติมนั้นมาประยุกต์และปรับปรุงในการแก้ปัญหาได้ โดยครูมีบทบาทกระตุ้นให้นักเรียนวางแผนในการแก้ปัญหาย่างรอบคอบ นักเรียนมีบทบาทในการค้นหาจุดสำคัญ การตัดสินใจ เลือกวิธีการแก้ปัญหา การนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา รวมทั้งการทดสอบว่าวิธีการที่เลือกนั้นสามารถแก้ปัญหได้หรือไม่

3. การสร้างคำตอบ (Create: C) หมายถึง การนำข้อมูลจากขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) มาจัดกระทำและนำเสนอให้อยู่ในรูปที่ผู้อื่นเข้าใจง่าย เช่น การสรุป คำตอบที่ชัดเจน การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย โดยครูมีบทบาทในการส่งเสริมให้นักเรียนจัดกระทำ คำตอบให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย นักเรียนมีบทบาทในการสรุปข้อมูล และแสดงข้อมูลที่สื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจง่าย

4. การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) หมายถึง การแลกเปลี่ยนวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนอาจมีวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหต่างกัน และอาจได้ คำตอบที่ต่างกัน โดยนักเรียนที่ตอบถูก จะต้องนำวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหามาแลกเปลี่ยนกับเพื่อน ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดจะต้องวิเคราะห์ถึงข้อผิดพลาดว่า คืออะไร และ เกิดขึ้นในขั้นตอนใด เพื่อเรียนรู้และปรับปรุงในการแก้ปัญหต่อไป โดยครูมีบทบาทในการดำเนินการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู การสนับสนุนให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและวิธีการแก้ปัญหของตนเอง นักเรียนมีบทบาทในการรายงานผล การอธิบาย และแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS

พิชิตินี และคนอื่น ๆ (Pizzini et al., 1989, อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2561, น. 417-418) ได้เสนอแนะบทบาทของครูในการสอนการแก้ปัญหาในขั้นตอนต่าง ๆ ดังตาราง 3

ตาราง 3 บทบาทของครูในการสอนด้วยเทคนิค SSCS

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS	บทบาทของครู
การค้นหา (S)	- ช่วยนักเรียนในการแยกแยะประเด็นของปัญหา เพื่อไม่ให้นักเรียนตัดสินใจเร็วเกินไป - เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็น และพิจารณาความคิดเห็นของนักเรียนทุกคนอย่างเท่าเทียม
การแก้ปัญหา (S)	- ช่วยนักเรียนในการแยกประเด็นการแก้ปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาในความเป็นไปได้ทางอื่นหลาย ๆ ทาง - จัดกลุ่มนักเรียน โดยแบ่งออกเป็นนักเรียนที่มีความคิดในการแก้ปัญหา และนักเรียนที่ไม่มีความคิดในการแก้ปัญหา - ช่วยนักเรียนให้เชื่อมโยงประสบการณ์เพื่อให้เกิดความคิดของเขาเอง - พิจารณาการตัดสินใจอย่างรอบคอบ - วิเคราะห์ถึงที่มาของสาเหตุที่นักเรียนออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรือเลือกวิธีการนั้นมาใช้ในการแก้ปัญหาย่างรอบด้าน พร้อมตรวจสอบว่านักเรียนสามารถนำวิธีการแก้ปัญหานั้นไปใช้ได้
การสร้างคำตอบ (C)	- ให้คำปรึกษานักเรียน เมื่อนักเรียนเลือกวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา - ส่งเสริมให้นักเรียนพิจารณาถึงการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง - ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความคิดจากประสบการณ์ของนักเรียนเอง - เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้พิจารณาถึงการเลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหายอย่างเท่าเทียม
การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (S)	- ถามคำถามที่ช่วยให้นักเรียนได้พิจารณาวิธีการแก้ปัญหายอย่างรอบคอบ - ให้นักเรียนทำสิ่งที่ได้จากข้อมูลให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่ายและสามารถสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย - เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้อธิบายถึงวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหายอย่างเท่าเทียม

ที่มา: ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2561). 80 นวัตกรรม การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 8). หน้า 417-418.

ชิน (Chin, 1997, pp. 9-10) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูในการสอนแบบ SSCS ไว้ดังนี้

1. จัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง
2. ใช้เทคนิคที่หลากหลายในการสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการแสหาวิธีการแก้ปัญหา และการเลือกปัญหา เช่น การถามคำถาม
3. มีการประเมินผลการแก้ปัญหาของนักเรียน เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุหรือที่มาของวิธีการที่นักเรียนใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาลงครั้งต่อไปให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. สนับสนุนให้นักเรียนระบุปัญหา ถามคำถาม และค้นหาคำตอบ เพื่อขยายความรู้ในระดับที่กว้างขึ้น
5. เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม และตระหนักถึงความสำคัญของทักษะที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา
6. จัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ค้นคว้าด้วยตนเอง โดยครูทำหน้าที่คอยให้คำปรึกษาและให้กำลังใจเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา

จากข้อมูลสรุปได้ว่า บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS มีดังนี้

บทบาทของครู คือ ให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุกขั้นตอนของการแก้ปัญหา โดยอาจใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนแยกแยะประเด็นของปัญหาหรือวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา กระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดด้วยตนเอง จากประสบการณ์ของนักเรียน เน้นให้นักเรียนตระหนักถึงวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา และการตรวจสอบข้อมูลที่น่าไปใช้ เพื่อให้การแก้ปัญหามีประสิทธิภาพ และข้อควรระวัง คือ ในทุก ๆ ขั้นตอนครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระและเท่าเทียม

บทบาทของนักเรียน คือ นักเรียนจะต้องพยายามคิดหาแนวทางในการแก้ปัญหา ควรเชื่อมโยงแนวคิดหรือประสบการณ์เดิมที่เคยพบเจอมาใช้ในการแก้ปัญหา ให้ความร่วมมือในการตอบคำถาม มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม และแสดงความคิดเห็นอย่างสุดความสามารถ

2.5 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS

การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS มีนักวิชาการ ได้แสดงทัศนะเกี่ยวกับข้อดี ดังนี้

นวลจันทร์ ผมอุดทา (2545, น. 16-17) ได้วิเคราะห์จุดเด่นของการเรียนการสอนที่เน้นการแก้ปัญหาด้วยเทคนิค SSCS ไว้ 2 ประเด็น ดังนี้

1. การพัฒนานักเรียนในขั้นการแก้ปัญหา (Solve: S) ซึ่งครอบคลุมทั้งการค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา การมองย้อนกลับเมื่อเกิดปัญหาระหว่างการแก้ปัญหา และการประเมินผล และเทคนิค SSCS ยังมีขั้นตอนการสร้างคำตอบ (Create: C) ซึ่งเป็นการพัฒนาให้นักเรียนได้จัดกระทำข้อมูลที่ได้จากการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องนำเสนอคำตอบของปัญหา และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

2. การพัฒนานักเรียนให้รู้จักแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในชั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) โดยเป็นขั้นที่ได้เพิ่มขึ้นมาต่อจากขั้นการสร้างคำตอบ (Creative: C)

อุไรวรรณ รักดอน (2542, น. 36) ได้กล่าวถึง ประโยชน์ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS ได้แก่

1. ทำให้นักเรียนเข้าใจความหมายและเห็นประโยชน์ของการเรียนรู้
2. ทำให้นักเรียนเป็นคนตื่นตัวสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้
3. เป็นการสร้างความมั่นใจ สร้างเสริมสุขภาพจิต สามารถแก้ปัญหาของตนเองได้ในโอกาสต่อไป
4. ส่งเสริมให้นักเรียนจดจำเนื้อหาได้ เนื่องจากการจะแก้ปัญหาได้นั้นจำเป็นต้องอาศัยหลักการและแนวคิดที่เชื่อมโยงกันอย่างถูกต้อง
5. สร้างเสริมการเรียนรู้ผ่านประสบการณ์จริงให้นักเรียน
6. นักเรียนได้เรียนรู้การใช้ชีวิตเกี่ยวกับการแก้ปัญหา เพราะการแก้ปัญหาจำเป็นต้องอาศัยเพื่อนร่วมคิด และความร่วมมือร่วมใจช่วยเหลือซึ่งกันและกัน
7. ทำให้นักเรียนเป็นคนมั่นคง หนักแน่น ใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน
8. ฝึกให้นักเรียนพิจารณาถึงเหตุผลในการตัดสินใจอย่างรอบคอบ
9. ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย
10. ฝึกให้นักเรียนรู้จักใช้ความคิด และมองการณ์ไกล
11. ปลูกฝังให้นักเรียนมีประชาธิปไตยจากการยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนหรือครูที่อาจแตกต่างจากความคิดเห็นของตนเอง

12. จากการที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนสนใจประเด็นปัญหา ทำให้นักเรียนอยากแก้ปัญหาด้วยตนเอง ถือเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้สึกลอยlakมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมขึ้นเอง

13. นักเรียนมีความเป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ ทั้งในทางสังคมและอารมณ์

จากข้อมูลสรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS คือ เป็นขั้นตอนการแก้ปัญหาที่ครอบคลุมทั้งการค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหา การมองย้อนกลับ การประเมินผล การสร้างคำตอบอย่างสร้างสรรค์ การนำคำตอบไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน และการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ทำให้นักเรียนรู้จักคิด รู้จักแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น เกิดประสบการณ์ตรงในการแก้ปัญหาหรือการเรียนรู้ ทำให้จำบทเรียนได้ดี ตระหนักถึงประโยชน์ของการเรียนรู้ ตลอดจนเกิดความมั่นใจ มีความรับผิดชอบ และความสนใจในการเรียนรู้ด้วยตนเอง

3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

3.1 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับนักเรียนหรือนักเรียนเป็นศูนย์กลาง เน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ช่วยพัฒนาให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น โดยในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) จะเน้นให้นักเรียนตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนก่อนเรียนทุกครั้ง ซึ่งจะช่วยให้ครู พบว่า นักเรียนต้องเรียนรู้อะไร ก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้น ๆ และในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) จะเน้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบของปัญหาผ่านการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นข้อมูล นำไปสู่การสรุปองค์ความรู้หรือแนวคิดในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ทำให้นักเรียนมีความคงในการเรียนรู้ กล่าวคือ ทำให้อาจจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่ใกล้เคียงกันได้ แต่การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) จะมีข้อจำกัดสำหรับเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก อาจทำให้ใช้เวลาในการสอนแต่ละครั้งมาก ซึ่งรายวิชาเคมีในส่วนของกำรคำนวณ นักเรียนส่วนใหญ่คิดว่า เป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก และหากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ไม่น่าสนใจ จะทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ท้อแท้ ขาดแรงจูงใจในการค้นคว้าหาคำตอบ และอาจทำให้นักเรียนบางคนหลีกเลี่ยงงาน ทำให้นักเรียนรู้สึกไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนเท่าที่ควร ดังนั้นครูควรช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่น

ในตนเองว่า นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาให้สำเร็จได้ด้วยตนเอง ให้กำลังใจนักเรียน และทำให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจจากภายในมากกว่าภายนอก กล่าวคือ ควรพัฒนาให้นักเรียนมีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนมากกว่าการให้นักเรียนเรียนแบบท่องจำหรือลงมือกระทำ เพราะถูกควบคุมพฤติกรรม ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้เสริมเทคนิค SSCS ซึ่งเป็นแนวทางการสอนแก้ปัญหามาในชั้นขยายความรู้ (Elaboration) เพื่อให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้ผ่านการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยเทคนิค SSCS มีพื้นฐานมาจากการแก้ปัญหาวทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีขั้นตอนการแก้ปัญหาลำดับขั้นตอนชัดเจน โดยครูจะต้องช่วยเหลือนักเรียนในทุกขั้นตอนของการแก้ปัญห และต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเต็มความสามารถ อีกทั้งมีข้อดี คือ ในขั้นตอนการแก้ปัญห (Solve: S) ครอบคลุมทั้งการค้นหาแนวทางที่นำมาซึ่งคำตอบ และการประเมินผลว่า แนวทางนั้นสามารถแก้ปัญหได้หรือไม่ นอกจากนี้ยังมีขั้นตอนการสร้างคำตอบ (Create: C) และขั้นแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) ซึ่งจะทำให้นักเรียนจำบทเรียนได้ดีขึ้น เพราะในการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนจำต้องอาศัยข้อมูลต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน เกิดประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้ รู้จักร่วมมือ ยอมรับฟังความคิดเห็นซึ่งกันและกัน เป็นคนมีเหตุผลก่อนตัดสินใจ ตลอดจนเกิดความมั่นใจ สามารถแก้ปัญหของตนเองได้ในโอกาสต่อไป โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS สรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมหรือเรื่องที่เรียนไปแล้ว โดยเนื้อหาที่นำมาทบทวนนั้นมีลักษณะเป็นความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ของนักเรียนในคาบนั้น ๆ ผ่านกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การตอบคำถาม การดูวิดีโอ หรือการเล่นเกมนผ่านแอปพลิเคชัน โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ถามคำถาม ซึ่งคำถามที่ใช้ควรมีลักษณะกระชับ และเรียงลำดับเนื้อหาจากง่ายไปยาก กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและแสวงหาความรู้เดิม ให้นเวล่านักเรียนได้ระลึกถึงสิ่งที่เรียนไปแล้ว เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น และอธิบายสรุปความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนในเรื่องใหม่ นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ตรวจสอบความรู้เดิมของตนเอง กระตือรือร้นในการตอบคำถาม ให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ตลอดจนแสดงความสนใจในเรื่องที่กำลังจะเรียน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ และการเก็บรวบรวมข้อมูล เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ โดยใช้กระบวนการคิด และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การศึกษาค้นคว้า การกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ การตั้งสมมติฐาน การปฏิบัติการทดลอง และการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยครูมีบทบาทเป็นผู้จัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหา โดยในเนื้อหาที่สามารถจัดกิจกรรมการทดลอง

ได้ ครูควรจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการปฏิบัติการทดลอง สำหรับเนื้อหาที่ไม่สามารถจัดกิจกรรมการทดลองได้ ครูอาจยกตัวอย่างสถานการณ์หรือตัวอย่างโจทย์ เพื่อให้นักเรียนได้ศึกษา ค้นคว้า และแก้โจทย์ปัญหาได้ นอกจากนี้ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน สังเกต และฟังคำตอบของนักเรียน ให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหาหรือมีข้อสงสัย ชี้แจงข้อควรระวังในการใช้สารเคมีหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการทดลอง รวมทั้งอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับสื่อและอุปกรณ์ให้เพียงพอกับปริมาณของนักเรียน นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้า ทดสอบสมมติฐาน พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหา ปฏิบัติการทดลองตามวิธีด้วยความระมัดระวัง บันทึกผลการทดลองหรือผลการสังเกต รับผิดชอบในหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย กล้าแสดงความคิดเห็น รับฟังความคิดเห็นของเพื่อน ตลอดจนลงข้อสรุป

3. **ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นการนำข้อมูลที่ได้อามาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ที่เข้าใจง่าย เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ และสรุปองค์ความรู้ในเรื่องที่ศึกษา ผ่านกิจกรรมการนำเสนอผลการทดลองหรือผลการค้นคว้าของนักเรียนทุกกลุ่ม และการอภิปรายร่วมกันของครูและนักเรียน จนเกิดเป็นองค์ความรู้ที่ถูกต้อง ครบถ้วน โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นรวบยอด สนับสนุนให้นักเรียนแสดงหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบ นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้นำเสนอ อธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ รวมทั้งฟังและวิเคราะห์สิ่งที่ครูหรือเพื่อนอธิบาย และถามคำถามเมื่อเกิดความสงสัย

4. **ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำองค์ความรู้จากเรื่องที่เรียน และความรู้พื้นฐานที่จำเป็นต่อการแก้โจทย์ปัญหามาประยุกต์ใช้และเชื่อมโยงสู่แนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี โดยครูมีบทบาทส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี สนับสนุนให้นักเรียนใช้เหตุผลในการอธิบายถึงแนวคิดที่นำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี นักเรียนมีบทบาทในการใช้ข้อมูลเดิมมาแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีอย่างมีหลักการและสามารถหาคำตอบได้ นำเสนอคำตอบและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหากับเพื่อน พร้อมทั้งตรวจสอบคำตอบขั้นตอนการแก้ปัญหของตนเอง ซึ่งในขั้นนี้ครูใช้เทคนิค SSCS ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. **การค้นหา (Search: S)** เป็นการค้นหาข้อมูลจากโจทย์ปัญหาทางเคมี เพื่อวิเคราะห์ถึงข้อมูลที่โจทย์ให้มา และข้อมูลที่โจทย์ต้องการให้นักเรียนหา โดยครูมีบทบาทในการถามคำถามนักเรียนว่า “โจทย์ต้องการให้เราหาอะไร โจทย์ให้ข้อมูลอะไรเรามาบ้าง

เราต้องการทราบข้อมูลอะไรเพิ่มเติมที่จำเป็นในการแก้โจทย์ปัญหาอีกหรือไม่” นักเรียนมีบทบาทในการตีความหมายโจทย์ คิด วิเคราะห์ แยกแยะ และค้นหาข้อมูลถึงสิ่งที่โจทย์ให้ และสิ่งที่โจทย์ถาม รวมทั้งข้อมูลที่ต้องการทราบเพิ่มเติม

2. การแก้ปัญหา (Solve: S) เป็นการระบุแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เพื่อเลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีตามความถนัดของตนเอง ได้แก่ การใช้สูตร การเทียบบัญญัติไตรยางศ์ และการตัดหน่วย โดยครูมีบทบาทในการกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่ค้นหาจากขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้จากเรื่องที่เรียนไปแล้วมาประยุกต์สู่แนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีอย่างรอบครอบ รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนตรวจสอบวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ หากนักเรียนเกิดปัญหาระหว่างการแก้โจทย์ปัญหา ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนย้อนกลับไปค้นหาข้อมูลในขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) ได้ จนกว่านักเรียนจะได้ข้อมูลที่ครบถ้วนในการแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนมีบทบาทในการหาจุดสำคัญ เปรียบเทียบวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ตัดสินใจเลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาอย่างรอบคอบ ตรวจสอบวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา หากพบว่ามีความผิดพลาด ต้องย้อนกลับไปค้นหาข้อมูลในขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) เพื่อค้นหาข้อมูลให้ครบถ้วนหรือปรับปรุงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา

3. การสร้างคำตอบ (Create: C) เป็นการนำข้อมูลจากขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปที่ผู้อื่นเข้าใจง่าย ได้แก่ การสรุปคำตอบที่ชัดเจน รวมทั้งการระบุหน่วยและสถานะของสาร การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เพื่อสรุปคำตอบ วิธีการ และขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา โดยครูมีบทบาทในการส่งเสริมให้นักเรียนจัดกระทำคำตอบให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย สนับสนุนให้นักเรียนตรวจสอบคำตอบและวิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างรอบคอบ นักเรียนมีบทบาทในการสรุปคำตอบ ตรวจสอบคำตอบและวิธีการ และระดมสมองกับเพื่อนภายในกลุ่ม เพื่อสรุปวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้น

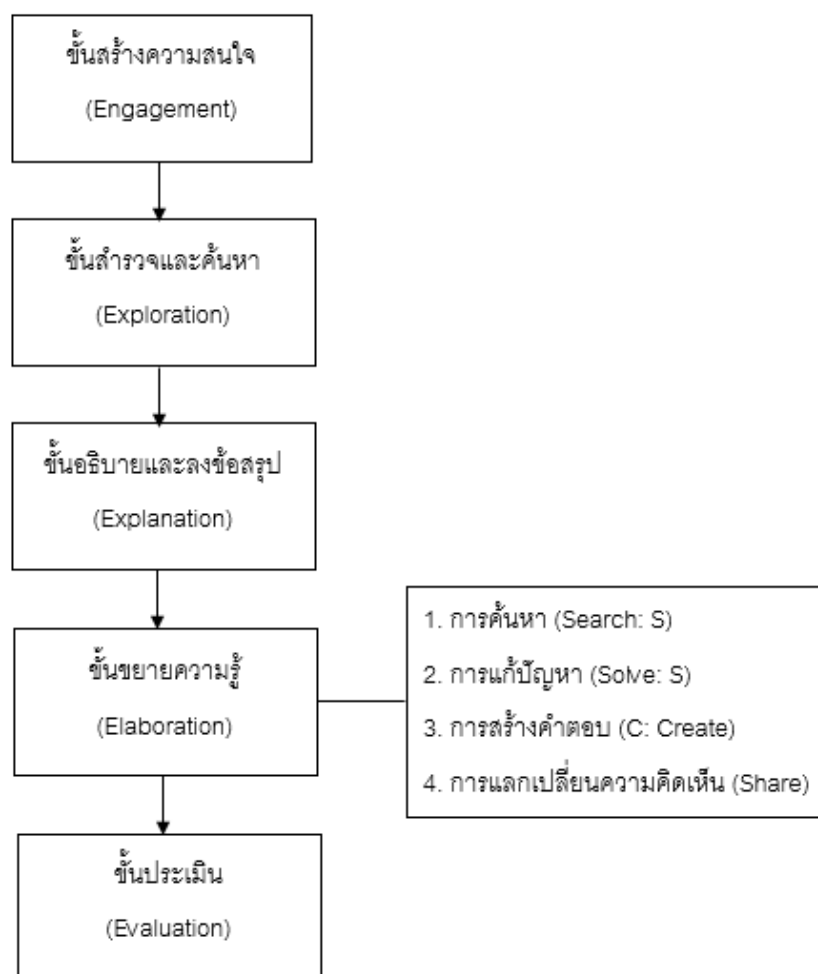
4. การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) เป็นการแลกเปลี่ยนวิธีการหรือขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนอาจมีวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาต่างกัน และอาจได้คำตอบที่ต่างกัน ซึ่งมีทั้งคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิด โดยนักเรียนที่ตอบถูก จะต้องนำวิธีการและขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหามาแลกเปลี่ยนกับเพื่อน ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดจะต้องวิเคราะห์ถึงข้อผิดพลาดว่า คืออะไร และเกิดขึ้นในขั้นตอนใด เพื่อเรียนรู้และปรับปรุงในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีต่อไป โดยครูมีบทบาทในการดำเนินการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างนักเรียน

กับนักเรียน และนักเรียนกับครู การสนับสนุนให้นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบและพิจารณาวิธีการและขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง นักเรียนมีบทบาทในการนำเสนอรายงานคำตอบ วิธีการ และขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับแนวคิดจากเรื่องที่เรียน รวมทั้งพิจารณาคำตอบ วิธีการ และขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา หากพบความผิดพลาดจะได้เป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขต่อไป

5. ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนด้วยกระบวนการต่าง ๆ ที่ไม่ตึงเครียดจนเกินไป เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ การทดลองหรือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง รวมทั้งการแก้โจทย์ปัญหาที่ซับซ้อนมาแล้ว เพื่อประเมินว่า นักเรียนมีความรู้ะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้หรือไม่ ผ่านกิจกรรมการตอบคำถาม การเล่นเกมผ่านแอปพลิเคชัน หรือหาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม โดยครูมีบทบาทเป็นผู้ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน นักเรียนมีบทบาทเป็นผู้ประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม และตอบคำถามที่แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด

จากขั้นตอนด้านบน สามารถสรุปเป็นแผนภาพ ดังภาพประกอบ 3





ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
ร่วมกับเทคนิค SSCS

3.2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

จากบทบาทของครูและนักเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) และการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS ผู้วิจัยได้นำมาสรุปเป็นบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ได้ดังตาราง 4

ตาราง 4 สรุปบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- กระตุ้นให้นักเรียนนำเสนอความรู้เดิมหรือความรู้พื้นฐานของตนเอง - กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาที่จะเรียน โดยการใช้คำถามเพื่อกระตุ้น การเล่นเกม หรือการตอบคำถามผ่านแอปพลิเคชัน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสนใจ	- แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ และตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเอง - มีความกระตือรือร้นที่จะเรียน - แสดงความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนและครู
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนร่วมกันทำงาน - สังเกตและฟังคำตอบระหว่างนักเรียนกับนักเรียน - ให้อเวลาในการหาคำตอบและให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	- ร่วมกันค้นคว้าหาคำตอบผ่านการทดลองหรือสถานการณ์หรือโจทย์ตัวอย่างที่ครูกำหนด - พยายามแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นร่วมกับผู้อื่น - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุป
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิด - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานในการให้เหตุผล	- อธิบายวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบที่เป็นไปได้ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย

ตาราง 4 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
4. ขยายความรู้ (Elaboration)		
4.1 การค้นหา (Search: S)	- ช่วยนักเรียนในการวิเคราะห์ประเด็นของโจทย์ปัญหา	- ค้นหาข้อมูลที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา
4.2 การแก้ปัญหา (Solve: S)	- ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้เรียนไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนคิดแก้โจทย์ปัญหาในวิธีการที่ตนเองถนัด - กระตุ้นให้นักเรียนเลือกวิธีการที่ถูกต้องในการแก้โจทย์ปัญหา	- นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา - ระบุนโยบายที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา - เลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา - แก้โจทย์ปัญหาตามขั้นตอนที่วางไว้
4.3 การสร้างคำตอบ (Create: C)	- ส่งเสริมให้นักเรียนสรุปคำตอบวิธีการ และขั้นตอนที่เข้าใจง่าย	- สรุปคำตอบ วิธีการ และขั้นตอนที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปที่เข้าใจง่าย
4.4 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S)	- อภิปรายแนวคิด วิธีการ ขั้นตอน และคำตอบร่วมกับนักเรียน - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออก - สนับสนุนให้นักเรียนพิจารณาถึงข้อดีหรือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง	- แยกแยะวิธีการแก้โจทย์ปัญหา และคำตอบที่ได้จากการแก้โจทย์ปัญหา - กล้าแสดงความคิดเห็นและยอมรับฟังความคิดเห็นของเพื่อน
5. ประเมินผล (Evaluation)	- สังเกตนักเรียนในการแสดงความคิดเห็น - ประเมินความรู้ ทักษะ การตอบคำถาม	- ตอบคำถามและอธิบายในสิ่งที่ได้เรียนรู้ได้ - ประเมินตนเองว่ามีความรู้อะไรบ้าง

จากตารางสรุปได้ว่า บทบาทของครูและนักเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) และการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS มีดังนี้ บทบาทของครู ได้แก่ กระตุ้น

ความสนใจนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน สังเกตพฤติกรรม ให้คำปรึกษา ตลอดจนประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน บทบาทของนักเรียน ได้แก่ กระตือรือร้นในการเรียน ตอบคำถาม แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และประเมินตนเอง

4. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี

4.1 ความหมายของโจทย์ปัญหา

นักการศึกษา (ขนาด เชื้อสุวรรณทวี, 2542, น. 48; อนันต์ โพธิกุล, 2543, น. 48) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับโจทย์ปัญหา โดยผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ดังนี้

โจทย์ปัญหา หมายถึง สถานการณ์หรือคำถามที่ประกอบด้วยภาษาที่แสดงถึงเงื่อนไข และตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับปริมาณ โดยเป็นสถานการณ์ที่ต้องการข้อสรุปหรือคำตอบ โจทย์ปัญหาจะประกอบด้วยส่วนที่เป็นข้อมูลที่โจทย์กำหนดมาให้ ส่วนที่เป็นคำถามที่ถามในสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ และส่วนที่เป็นเงื่อนไขของโจทย์ โดยจะระบุความสัมพันธ์ของจำนวนที่กำหนดไว้ในแต่ละประโยค การที่นักเรียนจะแก้โจทย์ปัญหาได้นั้น นักเรียนจะต้องใช้การคิด การตัดสินใจ และการเลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา

4.2 ความหมายของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

นักการศึกษาหลายท่าน (Lumsdaine; & Lumdaine, 1995, p.13; Torrance; & Paul, 1964, p. 28; วิติญา มัณฑะทุสินธุ์, 2553, น. 53) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ ดังนี้

ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการตีความหมาย การจับใจความสำคัญ การแยกแยะข้อมูล การวิเคราะห์ข้อความในโจทย์ปัญหา และการคิดคำนวณ ซึ่งเป็นความสามารถที่สามารถพัฒนาได้จากการเรียนการสอนที่เกี่ยวกับภาษา การคิดคำนวณ การดำเนินการ และการปฏิบัติผ่านประสบการณ์ตรง

4.3 องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ไฮเมอร์ และ ทูบลัด (Heimer; & Trueblood, 1977, p. 32) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความสามารถของนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหา สรุปได้ ดังนี้

1. การรู้คำศัพท์ การรู้คำศัพท์ในโจทย์คำถามจะช่วยให้ นักเรียนมองเห็นแนวทางการแก้ปัญหา
2. ทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์
3. ความสามารถในการรวบรวมความรู้รอบตัว เพื่อแยกแยะข้อมูลที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูล
5. ความสามารถในการให้เหตุผลสำหรับคำตอบที่ตั้งจุดหมายไว้หรือการคาดคะเนคำตอบ
6. ความสามารถในการเลือกใช้วิธีการจัดกระทำกับข้อมูลอย่างถูกต้อง
7. ความสามารถในการค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่ขาดหายไป
8. ความสามารถการแปลโจทย์ปัญหา

อดัมส์ และคนอื่น ๆ (Adams et al., 1977, pp. 174-175) ได้ระบุถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่

1. ด้านสติปัญญา (Intelligence) เป็นการแก้ปัญหาที่จำเป็นต้องใช้การคิดระดับสูง ซึ่งองค์ประกอบด้านสติปัญญามีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหาด้านปริมาณ (Quantitative Factors)

2. การอ่าน (Reading) การอ่านเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่สำคัญในการแก้ปัญหา เพราะการแก้ปัญหามustพิจารณาอย่างรอบคอบ เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจว่าควรทำอะไร อย่างไร ซึ่งมีนักเรียนจำนวนมากที่มีความสามารถในการอ่านแต่ไม่สามารถแก้ปัญหาได้

3. ทักษะพื้นฐาน (Basic Skill) หลังจากการวิเคราะห์สถานการณ์หรือปัญหา และตัดสินใจว่าจะทำอะไรแล้ว นักเรียนจะต้องใช้ทักษะพื้นฐานในการดำเนินการแก้ปัญหา

ชาร์ล และ เลส เตอร์ (Charles; & Lestre, 1982, pp. 10-12) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบที่สัมพันธ์กับการแก้ปัญหา 3 ด้าน คือ

1. ด้านประสบการณ์ ประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหา รวมทั้งสิ่งแวดล้อม
2. ด้านความรู้สึก เช่น ความกระตือรือร้น ความพยายาม ความวิตกกังวล และความรู้สึกอื่น ๆ

3. ด้านสติปัญญาและความคิด เช่น ความสามารถในการวิเคราะห์ ความสามารถเชิงมิติสัมพันธ์ ความสามารถในการให้เหตุผล ทักษะการคิดคำนวณ และอื่น ๆ

เฮดเดนส์ และ สเปียร์ (Hedden; & Speer, 1992, pp. 34-35) ได้กล่าวถึงความสามารถของบุคคลในการแก้โจทย์ปัญหาว่าขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ ดังนี้

1. การรับข้อมูล
2. ความสามารถภายในตัวบุคคล
3. การแปลผลและการสรุปผล
4. การคิดคำนวณ

5. ความพยายามในการค้นหาคำตอบ

6. ความเชื่อมั่นในตนเอง

บาร์ดี้ (Baroody, 1993, pp. 8-10) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบหลักของการแก้ปัญหา 3 องค์ประกอบ คือ

1. องค์ประกอบด้านความรู้ความคิด (Cognitive Factor) ประกอบด้วยแนวคิดและวิธีที่ใช้แก้ปัญหา

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Factor) เป็นแรงขับภายในตนเองที่เกิดจากความพยายามและความมุ่งมั่นที่จะแก้ปัญหา

3. องค์ประกอบด้านการสังเคราะห์ความคิด (Metacognitive Factor) เป็นกระบวนการคิด วิเคราะห์ และแยกแยะว่า สามารถนำอะไรมาใช้ในการแก้ปัญหาได้บ้าง

ตาราง 5 การวิเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา (นักเรียน)

องค์ประกอบ	ไฮเมอร์ และทรูปลัด (1977)	อดัมส์ และคนอื่นๆ (1977)	ชาร์ล และเลสเตอร์ (1982)	เฮตเดนส์ และสเฟียร์ (1992)	บาร์ดี้ (1993)
1. การอ่าน/การรู้ศัพท์	/	/	/		
2. การค้นหาข้อมูล	/	/	/		/
3. การหาความสัมพันธ์ของ ข้อมูล	/	/	/		/
4. การคิดคำนวณ	/	/	/	/	
5. การให้เหตุผล/คาดคะเน คำตอบ	/		/		
6. การจัดกระทำข้อมูล	/	/		/	
7. การแปลโจทย์ปัญหา	/	/		/	
8. การเลือกวิธีการ	/	/	/	/	
9. ความพยายาม/อดทน			/	/	/
10. ความเชื่อมั่นในตนเอง				/	/

จากตารางการวิเคราะห์องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสรุปได้ว่า องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน โดยเรียงลำดับตามที่นักการศึกษาจะประกอบประกอบตรงกัน จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด ดังนี้ 1) การค้นหาข้อมูล

2) การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล 3) การคิดคำนวณ 4) การเลือกวิธีการ 5) การอ่าน/การรู้ศัพท์ 6) การจัดกระทำข้อมูล 7) การแปลโจทย์ปัญหา 8) ความพยายาม/อดทน 9) การให้เหตุผล/คาดคะเนคำตอบ และ 10) ความเชื่อมั่นในตนเอง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้เมื่อพิจารณาถึงลักษณะของโจทย์ปัญหาทางเคมีพบว่า เป็นสถานการณ์ที่ต้องการคำตอบ โดยนักเรียนจะต้องวิเคราะห์สิ่งที่โจทย์ให้ และสิ่งที่โจทย์ถาม หาความสัมพันธ์ของข้อมูล ตัดสินใจเลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา และดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามวิธีการที่เลือกไว้ ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา 4 องค์ประกอบแรก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้องค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การค้นหาข้อมูล เป็นการวิเคราะห์โจทย์ปัญหา เพื่อจำแนกแยกแยะข้อมูลที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ได้แก่ ข้อมูลที่โจทย์ให้ ข้อมูลที่โจทย์ถาม และข้อมูลที่ขาดหาย

2. การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล เป็นการเชื่อมโยงข้อมูล เพื่อระบุแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ผ่านแพกเตอร์ที่ใช้ในการเปลี่ยนหน่วยจากข้อมูลที่โจทย์ให้ไปสู่ข้อมูลที่โจทย์ถาม

3. การเลือกวิธีการ เป็นการเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับโจทย์ปัญหา และสามารถดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามวิธีการที่เลือกไว้ เช่น การใช้สูตร การเทียบบัญญัติไตรยางค์ และการตัดหน่วย

4. การคิดคำนวณ เป็นการนำทักษะทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การบวก ลบ คูณ หาร เศษส่วน การเปลี่ยนหน่วย และการตัดหน่วย มาใช้ในการคำนวณเพื่อสรุปคำตอบพร้อมระบุหน่วยที่โจทย์ต้องการ

4.4 อุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหา

บรูคเนอร์ และ กรอสส์นิกเกิล (Brueckner; & Grossnickle, 1974, p. 91) ได้กล่าวถึงอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหา ไว้ดังนี้

1. นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้ เนื่องจากขาดการฝึกฝนในการแก้โจทย์ปัญหา และขาดแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหา

2. นักเรียนมีปัญหาในด้านการอ่าน จึงไม่สามารถแปลโจทย์ได้ เช่น ไม่สามารถระบุได้ว่าโจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้าง รวมทั้งไม่สามารถจดจำ และจัดกระทำข้อมูลจากสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาได้

3. นักเรียนขาดทักษะในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ อาจมีสาเหตุมาจากการลืม หรือขาดประสบการณ์ในการคิดคำนวณ

4. นักเรียนไม่เข้าใจขั้นตอนและวิธีการแก้โจทย์ปัญหา จึงระบุคำตอบโดยใช้วิธีการสุ่ม

5. นักเรียนไม่มีความรู้ในเรื่องความสัมพันธ์ กฎเกณฑ์ สูตร เช่น ไม่ทราบสูตรการหาพื้นที่รูปสี่เหลี่ยมด้านขนาน เป็นต้น

6. นักเรียนเขียนคำอธิบายไม่เป็นระเบียบ

7. นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาได้ อาจเนื่องมาจากขาดความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์บางคำ หรือเข้าใจหลักการไม่ครบถ้วน เช่น ความสัมพันธ์ระหว่างสามเหลี่ยมและสี่เหลี่ยมที่มีส่วนสูงและฐานเดียวกัน เป็นต้น

8. นักเรียนขาดแรงจูงใจในการแก้โจทย์ปัญหา เนื่องจากโจทย์ปัญหามีความยากหรือไม่น่าสนใจ และรู้สึกว่าตนเองไม่ได้รับประโยชน์อะไรจากการแก้โจทย์ปัญหา

9. นักเรียนมีสติปัญญาอยู่ในระดับต่ำ ทำให้ไม่สามารถเข้าถึงความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่ปรากฏในโจทย์ปัญหา

10. นักเรียนขาดการฝึกฝนในการแก้โจทย์ปัญหา

ดาสา (Dahsah, 2007, อ้างถึงใน จรรยา ดาสา, 2553, น. 44) ได้กล่าวถึงปัญหาที่เป็นอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหาในวิชาเคมีคำนวณ ดังนี้

1. นักเรียนไม่เข้าใจปัญหาว่า โจทย์ต้องการอะไร และข้อมูลที่ให้มานั้นมีอะไรบ้างที่เป็นประโยชน์ในการหาคำตอบของปัญหานั้น

2. นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้ในการแก้ปัญหานั้นมีความผิดพลาดเกิดขึ้น

3. นักเรียนมีปัญหาในการคำนวณ สับสนในการตั้งค่า โดยเฉพาะการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ และการตัดหน่วย เพราะหน่วยทางเคมีเป็นหน่วยที่นักเรียนไม่คุ้นเคย

4. นักเรียนละเลยการใช้หน่วย จำแต่ตัวเลข ทำให้การคำนวณแล้วมีข้อผิดพลาดหรือได้คำตอบที่เป็นไปไม่ได้

จากข้อมูลสรุปได้ว่า อุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหามีความสอดคล้องกับอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี โดยเฉพาะปัญหาด้านการวิเคราะห์โจทย์หรือตีโจทย์ ถือเป็นอุปสรรคแรกๆ ที่ผู้สอนควรฝึกให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์โจทย์ก่อนโดยยังไม่ต้องเริ่มคำนวณ หลังจากผู้เรียนวิเคราะห์โจทย์ได้แล้ว ปัญหาที่จะเกิดขึ้นตามมาคือการคิดคำนวณ ซึ่งผู้สอนควรเน้นให้ผู้เรียนฝึกการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ การตัดหน่วย และเน้นให้นักเรียนให้ความสำคัญในเรื่องของหน่วยทางเคมีเป็นพิเศษ เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดในการหาคำตอบ

4.5 ขั้นตอนและวิธีในการแก้โจทย์ปัญหา

โจทย์ปัญหา มีลักษณะเป็นโจทย์ที่ต้องอาศัยความรู้ ความสามารถ ตลอดจนทักษะในการแก้โจทย์ปัญหา จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องดำเนินการสอนอย่างเป็นลำดับขั้นตอน มีนักการศึกษาหลายท่านเสนอวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาต่าง ๆ ไว้ดังนี้

โพลยา (Polya, 1957, pp. 16-17) ได้เสนอขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหาไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นเข้าใจปัญหา (Understanding the Problem) คือขั้นตีความหรือแปลความหมายของโจทย์ปัญหาว่า โจทย์ให้ข้อมูลอะไรมา ระบุเงื่อนไขอะไรมาให้บ้าง นักเรียนต้องพิจารณาให้ได้ว่าข้อมูลเหล่านั้นเพียงพอต่อการแก้โจทย์ปัญหาหรือไม่ ถ้าโจทย์ปัญหามีความซับซ้อนหรือไม่ชัดเจน อาจใช้การวาดรูปหรือแบ่งสถานการณ์ที่โจทย์ปัญหาให้มาออกเป็น ส่วน ๆ จะทำให้ตีความโจทย์ปัญหาได้มากขึ้น

2. ขั้นวางแผน (Devising a Plan) คือขั้นการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลต่าง ๆ ระหว่างข้อมูลที่โจทย์ให้และข้อมูลที่ไม่ทราบ หากนักเรียนสามารถหาความเชื่อมโยงของข้อมูลเหล่านั้นได้ ก็จะสามารถหาข้อมูลที่ไม่ทราบจากข้อมูลเหล่านั้นได้ โดยมีหลักการดังนี้

2.1 อาจเป็นโจทย์ปัญหาที่นักเรียนเคยประสบมาแล้ว เพียงแต่มีรูปแบบของโจทย์ปัญหาแตกต่างกัน สามารถนำประสบการณ์มาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้

2.2 รู้จักโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้อง และเชื่อมโยงหลักการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่

2.3 วิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่ทราบจากโจทย์ปัญหา เพื่อพิจารณาถึงวิธีการในการหาข้อมูลที่ไม่ทราบ อาจเคยมีประสบการณ์ในการหาข้อมูลที่ไม่ทราบมาก่อน ในลักษณะคล้ายกัน

2.4 อ่านและวิเคราะห์โจทย์ปัญหาอย่างถี่ถ้วน เพื่อพิจารณาว่าเคยแก้โจทย์ปัญหาในลักษณะนี้หรือไม่

3. ขั้นดำเนินการตามแผน (Carrying out the Plan) เป็นขั้นการปฏิบัติตามแนวทางที่วางไว้ ซึ่งควรตรวจสอบขั้นตอนในการแก้ปัญหาทุกขั้นตอนอย่างรอบคอบ

4. ขั้นตอนของการตรวจสอบกลับ (Looking Back) เป็นขั้นการตรวจสอบคำตอบและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาว่าถูกต้องหรือไม่ โดยต้องตรวจสอบว่าคำตอบที่ได้ถูกต้อง ซึ่งอาจแก้โจทย์ปัญหาโดยใช้วิธีการในการตรวจสอบเพื่อดูว่า คำตอบที่ได้ตรงกันหรือไม่ หรืออาจใช้การประมาณคำตอบอย่างคร่าว ๆ

บรูเนอร์ (Bruner, 1965, pp. 123-127) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการแก้ปัญหาว่า กระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหาจำเป็นต้องอาศัยปัจจัยหลาย ๆ ด้าน โดยเฉพาะประสบการณ์ของผู้แก้ปัญหา ซึ่งขั้นตอนต่าง ๆ ในการคิดแก้ปัญหา มีดังนี้

1. ขั้นรู้จักปัญหา เป็นขั้นรับรู้ถึงสิ่งเร้าว่า สิ่งเร้านั้นคือปัญหาที่ตนเองกำลังประสบอยู่
2. ขั้นแสวงหาหนทางแก้ไข เป็นขั้นการแสวงหาวิธีการแก้ปัญหา โดยพิจารณาจากประสบการณ์การแก้ปัญหาที่ตนเองเคยพบเจอ
3. ขั้นตรวจสอบความถูกต้อง ก่อนที่จะตอบสนองวิธีการที่จะใช้ในการแก้ปัญหา ควรแบ่งประเภทหรือแบ่งโครงสร้างของเนื้อหาก่อน
4. ขั้นการตัดสินใจตอบสนองที่สอดคล้องกับปัญหา

บลูม (Bloom, 1972, p. 122) ได้เสนอขั้นตอนการคิดแก้ปัญหาไว้ 6 ขั้น ดังนี้

1. เมื่อนักเรียนต้องเผชิญหน้ากับปัญหา นักเรียนจะพิจารณาถึงประสบการณ์ที่เคยพบเห็นและเกี่ยวข้องกับปัญหา
2. นักเรียนจะใช้ผลจากขั้นที่หนึ่งมาสร้างรูปแบบของปัญหาขึ้นมาใหม่
3. การจำแนกแยกแยะปัญหา
4. การเลือกใช้ทฤษฎี หลักการ ความคิด และวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา
5. การลงข้อสรุปของวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา
6. ผลลัพธ์ที่ปรากฏจากการแก้ปัญหา

ซึ่งบลูมได้อธิบายเพิ่มเติมอีกว่า กระบวนการทางสมองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ 1) การนำไปใช้ เกี่ยวข้องในขั้นที่ 1-4 2) การทำความเข้าใจ เกี่ยวข้องในขั้น 5-6 และ 3) การวิเคราะห์ เป็นความสามารถทางสมองที่นำมาใช้ในการคิดแก้ปัญหา

ดอลซีแอน (Dolciane, 1981, อ้างถึงใน จีระเดช พ้าเลิศ, 2552, น. 17) กล่าวถึงขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา ดังนี้

1. ทำความเข้าใจโจทย์ ว่าโจทย์ต้องการทราบอะไร ข้อมูลที่ให้มามีอะไรบ้าง
2. พิจารณาว่า โจทย์กำหนดอะไรมาให้บ้าง เพื่อฝึกให้ผู้เรียนสร้างตัวแปรจากสิ่งที่ไม่ทราบค่า
3. หาความสัมพันธ์ของสิ่งที่ต้องการ โดยให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์ แยกแยะประเด็นของโจทย์ออกเป็นแต่ละตอน สามารถสร้างภาพที่เป็นรูปธรรมให้ชัดเจนได้ จากการวาดภาพแสดงเป็นประโยคสัญลักษณ์ หรือสมการ

4. แก้งสมการ โดยให้ผู้เรียนคิดคำนวณจากสมการ หลังจากที่ยื่นประโยคสัญลักษณ์ หรือสมการแล้ว

5. คำตอบและวิธีการ เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนตรวจสอบคำตอบด้วยตนเอง

พิซซินี และคนอื่น ๆ (Pizzini et al., 1989, pp. 528-529) ได้สังเคราะห์การแก้ปัญหา รูปแบบใหม่ที่ผสมผสานระหว่างการแก้ปัญหาแบบ CPS และการแก้ปัญหาแบบ IDEAL เพื่อให้มี ขั้นตอนที่ย่อยและชัดเจนขึ้น เหมาะกับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย และนักเรียนระดับชั้น มัธยมศึกษา โดยปรับให้เหลือเพียง 4 ขั้นตอน และให้ชื่อว่า การสอนการแก้ปัญหาแบบ SSCS (Search: S, Solve: S, Create: C และ Share: S) ซึ่งมี 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การค้นหา (Search: S) หมายถึง การค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อวิเคราะห์ แยกแยะ และหาความสัมพันธ์ของประเด็นของปัญหา ผ่านกิจกรรมการศึกษา ค้นคว้า เช่น การถามคำถาม การค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ นักเรียนสามารถ สร้างคำอธิบายจากความเข้าใจของตนเองได้อย่างสอดคล้องกับหลักการและจุดประสงค์ของเรื่อง ที่เรียน

2. การแก้ปัญหา (Solve: S) หมายถึง การวางแผนการแก้ปัญหาด้วยวิธีการ ต่าง ๆ ซึ่งนักเรียนต้องวางแผนการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ประกอบกับการใช้ข้อมูลที่ได้จากขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) เพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหา หากระหว่างการแก้ปัญหาเกิดอุปสรรค นักเรียน สามารถย้อนกลับไปค้นหาข้อมูลในขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) ได้อีก เพื่อนำข้อมูลที่ได้ เพิ่มเติมนั้นมาประยุกต์และปรับปรุงในการแก้ปัญหาได้

3. การสร้างคำตอบ (Create: C) หมายถึง การนำข้อมูลจากขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) มาจัดกระทำและนำเสนอให้อยู่ในรูปที่ผู้อื่นเข้าใจง่าย เช่น การสรุป คำตอบที่ชัดเจน การใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายหรือการนำเสนอในรูปแบบของตารางหรือกราฟ

4. การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) หมายถึง การแลกเปลี่ยนวิธีการหรือ ขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหา นักเรียนอาจมีวิธีการหรือขั้นตอนในการแก้ปัญหาต่างกัน และอาจได้ คำตอบที่ต่างกัน ซึ่งมีทั้งคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่ผิด โดยนักเรียนที่ตอบถูก จะต้องนำวิธีการและ ขั้นตอนที่ใช้ในการแก้ปัญหามาแลกเปลี่ยนกับเพื่อน ส่วนนักเรียนที่ตอบผิดจะต้องวิเคราะห์ ถึงข้อผิดพลาดว่า คืออะไร และเกิดขึ้นในขั้นตอนใด เพื่อเรียนรู้และปรับปรุงในการแก้ปัญหาต่อไป

ชอ (Shaw, 1997, อ้างถึงใน วัชรรา เล่าเรียนดี, 2554, น. 130) ได้เสนอเทคนิคที่ใช้ใน การแก้ปัญหาที่เรียกว่าเทคนิค KWLD ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. K: (What we know) นักเรียนรู้อะไรในเรื่องที่เรียนบ้าง หรือโจทย์ให้ข้อมูลอะไร นักเรียนบ้าง

2. W: (What we want to know) นักเรียนต้องการทราบข้อมูลอะไร หรือโจทย์ให้นักเรียนหาข้อมูลอะไร

3. D: (What we did) นักเรียนจะใช้วิธีการอะไรในการหาคำตอบจากสิ่งที่นักเรียนอยากทราบ หรือสิ่งที่โจทย์ต้องการให้นักเรียนหาคำตอบ

4. L: (What we learned) นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการแก้โจทย์ปัญหา
เลบลานซ์ (Leblance, 1997, pp. 16-20) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เพื่อให้ผู้แก้ปัญหาสามารถทำความเข้าใจปัญหาได้อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้รู้ถึงสิ่งที่โจทย์ถาม ข้อมูล และเงื่อนไขต่าง ๆ ที่โจทย์กำหนดมาให้

2. ขั้นเลือกวิธีการที่จะใช้ในการหาคำตอบ เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาดัดสันใจเลือกยุทธวิธีหรือวิธีการใดวิธีการหนึ่งในการหาคำตอบของปัญหา

3. ขั้นลงมือแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหานำวิธีการที่เลือกไว้ในขั้นที่ 2 มาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งบางครั้งวิธีการที่เลือกใช้ในการหาคำตอบนั้น อาจเป็นวิธีการที่ไม่ให้คำตอบ ผู้แก้ปัญหามustย้อนกลับไปสู่ขั้นที่ 2 อีกครั้ง

4. ขั้นทบทวนการแก้ปัญหาและหาคำตอบ เป็นการตรวจสอบขั้นตอนต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหา ตลอดจนคำตอบที่ได้

สุณีย์ เหมะประสิทธิ์ (2533, น. 386) ได้เสนอขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหาคำนวณไว้ 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นวิเคราะห์โจทย์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะแบ่งข้อมูลจากโจทย์ปัญหาออกเป็น 2 ส่วน คือ โจทย์ต้องการ และส่วนที่โจทย์ระบุข้อมูลมาให้ ซึ่งนักเรียนต้องวิเคราะห์ว่าข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่ ซึ่งในขั้นนี้นักเรียนอาจพบบางข้อมูลที่ไม่จำเป็นต้องใช้ในการแก้โจทย์ปัญหานั้นด้วย

2. ขั้นระบุวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนจะต้องวิเคราะห์โจทย์ปัญหา หาความเชื่อมโยงของข้อมูลต่าง ๆ ตีความโจทย์ปัญหา และแปลงโจทย์เป็นรูปภาพ แผนภาพและประโยคสัญลักษณ์ที่ถูกต้อง ซึ่งควรฝึกให้นักเรียนใช้หลักการและเหตุผลในการเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหามากกว่าการให้นักเรียนจดจำโดยอาศัยคำหลัก

3. ขั้นการคิดคำนวณ ในขั้นนี้นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติแก้โจทย์ปัญหาที่จำเป็นต้องใช้ทักษะการคำนวณอย่างถูกต้อง และระมัดระวัง

4. ขั้นพิจารณาความเป็นไปได้ของคำตอบ ในขั้นนี้นักเรียนจะได้ผลลัพธ์จากการคำนวณแล้ว ซึ่งนักเรียนควรสังเกตและคิดวิเคราะห์ว่า คำตอบที่ได้มานั้นมีความเป็นไปได้อย่างสมเหตุสมผลหรือไม่ โดยพิจารณาเชื่อมโยงจากสิ่งที่โจทย์ให้มา

5. ขั้นตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ ในขั้นนี้นักเรียนต้องรู้จักการตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้ว่าถูกต้องหรือไม่ โดยสามารถทำได้ 3 วิธี ได้แก่ 1) การประมาณคำตอบ เป็นการฝึกให้นักเรียนคิดหาคำตอบอย่างคร่าว ๆ 2) ใช้วิธีการอื่น ๆ หรือวิธีการใหม่ในการแก้โจทย์ปัญหา และ 3) ใช้วิธีการเดิมในการแก้ปัญหาอีกครั้ง

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550, น. 8-9) ได้ระบุขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหา สรุปได้ ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นการให้นักเรียนระบุสิ่งที่โจทย์ต้องการหา และระบุส่วนสำคัญของปัญหา ได้แก่ ตัวไม่ทราบค่า ข้อมูล และเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ผ่านการวิเคราะห์หาจุดสำคัญอย่างรอบคอบ หรือวิธีการต่าง ๆ เช่น การวาดภาพประกอบ การแสดงแผนภูมิ หรือการเขียนเฉพาะสาระสำคัญตามความเข้าใจของตน

2. ขั้นวางแผนแก้ปัญหา เป็นการให้นักเรียนเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างข้อมูลและตัวไม่ทราบค่า เพื่อหาความสัมพันธ์และกำหนดแนวทางหรือวิธีการในการแก้ปัญหา รวมทั้งตัดสินใจ สรุปแนวทางที่เลือกใช้ในการแก้ปัญหา

3. ขั้นดำเนินการแก้ปัญหา เป็นการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติตามแนวทางหรือแผนที่วางไว้ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความเป็นไปได้ของแผน โดยระบุรายละเอียดในขั้นตอนต่าง ๆ อย่างชัดเจน แล้วดำเนินการแก้ปัญหาจนได้ผลลัพธ์ หากแนวทางหรือวิธีการที่เลือกไว้แก้โจทย์ปัญหาไม่สำเร็จ จะต้องกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาใหม่ ถือเป็นการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

4. ขั้นมองย้อนกลับ เป็นการให้นักเรียนได้ตรวจสอบความถูกต้องของคำตอบ และยุทธวิธีที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยการมองย้อนกลับไปยังคำตอบที่ได้มา แล้วพิจารณาถึงคำตอบหรือยุทธวิธีแก้ปัญหามีอย่างอื่นอีกหรือไม่ นอกจากนี้นักเรียนที่คาดคะเนคำตอบไว้ล่วงหน้า สามารถตรวจสอบคำตอบที่คาดคะเนไว้กับคำตอบจริงในขั้นนี้ได้

นอกจากนี้ จรรยา ดาสา (2553, น. 44-48) ได้กล่าวว่า หลักการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีคำนวณ มีหลักที่สำคัญอยู่ 4 ด้าน ซึ่งทุกด้านมีความสัมพันธ์กันเป็นอย่างยิ่ง คือ

1. การเข้าใจโจทย์หรือการตีโจทย์ หมายถึง การตีโจทย์ให้ได้ว่า 1) โจทย์ต้องการให้เราหาอะไร 2) เราต้องทราบข้อมูลอะไรบ้าง เพื่อที่จะใช้ในการหาคำตอบ 3) โจทย์ให้ข้อมูลอะไรที่จำเป็นสำหรับการแก้โจทย์ปัญหา และ 4) มีข้อมูลอะไรที่เราต้องการทราบเพิ่มเติมบ้าง

2. การเชื่อมโยงแนวคิดที่เกี่ยวข้อง หมายถึง สามารถนำความรู้ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ โดยแนวคิดที่นำมาใช้จะต้องถูกต้องครบถ้วน เนื่องจากการที่นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน จะทำให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ ดังนั้น ผู้สอนต้องคำนึงถึงประเด็นที่สำคัญ 2 ประเด็น คือ 1) ครูผู้สอนต้องมั่นใจว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญในเรื่องนั้น ๆ เป็นอย่างดีแล้ว ก่อนที่จะเริ่มให้นักเรียนได้ฝึกทำโจทย์ปัญหา และ 2) ครูผู้สอนจะต้องเน้นให้นักเรียนเข้าใจและวิเคราะห์โจทย์เชื่อมโยงกับแนวคิดที่จำเป็นมากกว่าการสอนให้ผู้เรียนใช้สูตรในการคำนวณ

3. การเลือกหาวิธีการแก้โจทย์ให้เหมาะสม หมายถึง การเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาตามความถนัดของตนเอง โดยวิธีที่นักเรียนนิยมใช้ในการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหาเคมีคำนวณนั้น มี 3 วิธีหลัก ๆ คือ การใช้สูตร การเทียบบัญญัติไตรยางศ์ และการตัดหน่วย โดยส่วนใหญ่ักเรียนนิยมใช้สูตรในการคำนวณมากกว่าแบบอื่น เนื่องจากเป็นวิธีที่สะดวก รวดเร็ว แต่ก็พบปัญหาว่า นักเรียนใช้สูตรโดยขาดความเข้าใจอย่างแท้จริง และมักจะใช้หน่วยผิดเนื่องจากในการท่องสูตรนักเรียนไม่ได้พิจารณาหน่วยที่ใช้ และในโจทย์ที่ซับซ้อนมากขึ้นนักเรียนจะไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหานั้น ๆ ได้ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนและในหนังสือแบบเรียนโดยทั่วไปจึงนิยมใช้การเทียบบัญญัติไตรยางศ์หรือการตัดหน่วย เนื่องจากช่วยให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของแนวคิดที่เกี่ยวข้องได้ชัดเจน และยังพบว่า นักเรียนส่วนหนึ่งประสบปัญหาในการคำนวณ เพราะหน่วยที่ใช้ในทางเคมีนั้นเป็นหน่วยที่นักเรียนไม่คุ้นเคย การใช้หลักการเปรียบเทียบกับหน่วยที่คุ้นเคย ที่เรียกว่า analogy จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการคำนวณด้วยวิธีการเทียบบัญญัติไตรยางศ์และการตัดหน่วยได้ดีขึ้น

4. การตรวจวิธีการและคำตอบ หมายถึง การตรวจสอบทั้งคำตอบและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ต่อในโจทย์ปัญหาหรือสถานการณ์อื่น

ประสิทธิ์ ศรีกุลวงศ์ (2554, น. 59-62) ได้พัฒนาแนวการสอนการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณด้วยแบบฝึกการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณ ประกอบด้วยขั้นตอนในการแก้โจทย์ปัญหา 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนบอกสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบ พร้อมวาดภาพประกอบ ทำให้นักเรียนมองเห็นกรอบของปัญหาว่า

ส่วนไหนเป็นข้อมูลที่ทราบค่าแล้ว ส่วนไหนเป็นข้อมูลที่ยังไม่ทราบค่า เมื่อเกิดข้อกำกวมจากโจทย์ปัญหา การวาดภาพประกอบ จะทำให้นักเรียนเข้าใจโจทย์ปัญหาที่มีความซับซ้อนให้เข้าใจง่ายขึ้น

2. ขั้นวางแผนการแก้ปัญหา เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์และเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างสิ่งที่โจทย์กำหนดมาให้กับสิ่งที่โจทย์ต้องการทราบว่า มีความเกี่ยวข้องหรือสัมพันธ์กันอย่างไร มีทฤษฎีหรือสมการใดที่สามารถนำมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาได้ การฝึกให้นักเรียนได้คิดหาความเชื่อมโยงบ่อย ๆ จากสถานการณ์ต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกัน จะทำให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์ และวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น

3. ขั้นตอนการตามแผน เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้ฝึกปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้ในขั้นตอนที่ 2 เพื่อทดสอบว่าแผนที่วางไว้สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้หรือไม่ หากไม่สามารถแก้ได้ จะต้องกลับไปวางแผนในการแก้โจทย์ปัญหาใหม่ แล้วนำมาแก้โจทย์ปัญหาอีกครั้ง จนกว่าจะได้คำตอบตามที่โจทย์ต้องการ เมื่อประสบผลสำเร็จจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สามารถเชื่อมโยงแนวทางการแก้โจทย์ปัญหาที่ได้ ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอื่น ๆ ที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันได้ยิ่งดี

4. ขั้นตรวจสอบผลลัพธ์ เป็นขั้นที่นักเรียนตรวจสอบกระบวนการต่าง ๆ ตั้งแต่ขั้นตอนแรกจนถึงขั้นตอนสุดท้ายว่า ทำถูกต้องหรือไม่ หากมั่นใจแล้วให้สรุปคำตอบของโจทย์ปัญหา จะช่วยให้นักเรียนทราบข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจเกิดจากความสะเพร่า ผิดเพี้ยน ในระหว่างแก้โจทย์ปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถแก้ไขข้อบกพร่องนั้นได้ด้วยตนเอง และเกิดความระมัดระวังในการแก้โจทย์ปัญหาในข้ออื่น ๆ มากยิ่งขึ้น

โดยมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมคือ

1) ครูและนักเรียนควรแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และอภิปรายถึงผลการแก้โจทย์ปัญหาร่วมกัน ในแง่ของวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาคำตอบที่ถูกต้องทุกครั้ง เมื่อมีการแก้โจทย์ปัญหา

2) ก่อนทำแบบฝึกทุกครั้ง ครูควรแจ้งคะแนนจากแบบฝึกครั้งก่อน พร้อมชี้แจงปัญหา และให้คำแนะนำเกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนควรปรับปรุงในการแก้โจทย์ปัญหา ในครั้งต่อไปของนักเรียนแต่ละคน เพื่อให้นักเรียนจะได้ทราบถึงสิ่งที่ตนเองควรระมัดระวังในการแก้โจทย์ปัญหาให้มีความรอบคอบมากขึ้น ซึ่งนักเรียนแต่ละคนอาจมีข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาแตกต่างกัน

3) ควรศึกษาผลการใช้แบบฝึกที่มีต่อด้านอื่น ๆ เช่น ความคงทนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากข้อมูลสรุปได้ว่า ขั้นตอนและวิธีการในการแก้โจทย์ปัญหามีหลายวิธี ได้แก่

- 1) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของโพลยา 2) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของบรูเนอร์ 3) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของบลูม 4) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของดอลซีแอน 5) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาตามเทคนิค SSCS 6) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของซอ 7) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของเลบลานซ์ 8) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ 9) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของสถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 10) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของ จรรยา ดาสา และ 11) ขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาของ ประสิทธิ์ ศรีกุลวงษ์ ซึ่งแต่ละวิธีมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน และมีจำนวนขั้นตอนไม่แตกต่างกันไม่มาก โดยมีทั้งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน 5 ขั้นตอน และ 6 ขั้นตอน แต่ละวิธีจะมีลำดับที่คล้ายคลึงกัน ส่วนใหญ่ในขั้นแรกจะเป็นการทำความเข้าใจโจทย์ วิเคราะห์โจทย์ ขั้นถัดมาจะเป็นการวางแผนหาแนวทางการแก้โจทย์ปัญหา และต่อยอดด้วยการแก้โจทย์ปัญหา และขั้นสุดท้ายคือขั้นการตรวจสอบคำตอบ แต่ขั้นตอนส่วนใหญ่เป็นขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ถึงแม้ลักษณะโจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์จะมีความคล้ายคลึงกับโจทย์ปัญหาทางเคมี แต่หากพิจารณาถึงธรรมชาติของวิชาเคมีเนื้หาคำนวณแล้ว ผู้วิจัยเลือกใช้ขั้นตอนและวิธีการแก้ปัญหตามเทคนิค SSCS เนื่องจากในแต่ละขั้นมีวิธีการที่เหมาะสมและสอดคล้องกับการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ดังนี้ 1) การค้นหา (Search: S) ฝึกให้นักเรียนคิด วิเคราะห์ แยกแยะ เพื่อค้นหาข้อมูลที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาจากสิ่งที่โจทย์ระบุ 2) การแก้ปัญหา (Solve: S) ฝึกให้นักเรียนวางแผนเลือกวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ดำเนินการแก้ปัญหา รวมทั้งตรวจสอบวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเมื่อพบอุปสรรคหรือข้อผิดพลาด 3) การสร้าง (Create: C) ฝึกให้นักเรียนสรุปคำตอบและวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างชัดเจน และ 4) การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) ฝึกให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนทั้งคำตอบและวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินการแก้โจทย์ปัญหาของตนเองว่ามีความถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ หรือมีความบกพร่องที่ควรระมัดระวังในการแก้ปัญหาล้างต่อไปอย่างไร จึงเห็นได้ว่าวิธีการสอนในแต่ละขั้นตอนของเทคนิค SSCS มีรายละเอียดที่ชัดเจน ตั้งแต่ขั้นการค้นหา ขั้นการวางแผน ขั้นการสร้างคำตอบ และขั้นการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ทั้งนี้ในแต่ละขั้นตอนยังมีความเชื่อมโยงและมีลำดับที่สัมพันธ์กันอีกด้วย

4.6 การวัดและประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ทิสนา แคมณี (2544, น. 17) กล่าวว่า การคิดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นทางสมองตลอดเวลา เมื่อเรามีความสนใจในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง สิ่งนั้นจะถือเป็นจุดมุ่งหมายของการคิด หรืออาจ

เป็นคำตอบที่เราต้องการค้นหาเพื่อนำมาตัดสินใจหรือแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการคิดที่เกิดขึ้นนั้น เป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็น สังเกต สัมผัส หรือทำการวัดได้โดยตรง ดังนั้นการวัดความสามารถในด้านการคิดจึงจำเป็นต้องใช้แบบทดสอบที่มีมาตรฐานในการวัด โดยผู้สร้างแบบวัดต้องมีความเข้าใจในทฤษฎีที่เกี่ยวกับการคิด เพื่อที่จะสามารถกำหนดโครงสร้างของการคิดได้ รวมทั้งมีการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของโครงสร้างของการคิด จึงจะนำมาสู่ตัวชี้วัดหรือพฤติกรรมที่มีความเฉพาะในลักษณะรูปธรรม

เกณฑ์การประเมินความสามารถในแก้โจทย์ปัญหา

วิไลวรรณ แสนพาน (2556, น. 3) กล่าวว่า เกณฑ์การประเมินผล (Rubrics) สำหรับประเมินผลการเรียนรู้ที่มีวัตถุประสงค์ในการวัดด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้ดังนี้

1. เกณฑ์รวม (Holistic Score) เป็นเกณฑ์การประเมินสำหรับใช้ประเมินผลการเรียนรู้แบบภาพรวม
2. เกณฑ์ย่อย (Analytic Score) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ประเมินผลการเรียนรู้แบบแยกองค์ประกอบย่อย โดยต้องพิจารณาถึงความรู้และพฤติกรรมของนักเรียนอย่างรอบคอบ และประเมินอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ได้แนวทางการปรับปรุงหรือพัฒนาผู้เรียนในระหว่างการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 17-23) ได้ระบุขั้นตอนการสร้างเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ โดยการประเมินต้องกำหนดจุดประสงค์อย่างชัดเจน เพื่อให้สอดคล้องกับวิธีที่ใช้ในการประเมิน และควรครอบคลุมปัญหา ลักษณะของเนื้อหา และบริบทของนักเรียน
2. กำหนดรายการประเมิน โดยกำหนดรายการประเมินจากการวิเคราะห์จุดประสงค์ที่ต้องการประเมินนักเรียน ซึ่งควรกำหนดรายการประเมินอย่างครอบคลุม สามารถสะท้อนถึงความรู้และทักษะของนักเรียนได้ตามจริง และควรกำหนดรายการประเมินเฉพาะส่วนที่เป็นประเด็นสำคัญ หรืออาจวิเคราะห์แยกเป็นองค์ประกอบย่อย แล้วจึงกำหนดรายการประเมินตามองค์ประกอบนั้น
3. กำหนดเกณฑ์การประเมิน โดยเกณฑ์การประเมินที่ใช้ควรเป็นบรรทัดฐานประกอบด้วยเกณฑ์ด้านปริมาณหรือจำนวนผลงาน และเกณฑ์ด้านคุณภาพของผลงาน การกำหนดเกณฑ์ต้องระบุพฤติกรรมที่บ่งชี้ และสามารถสังเกตหรือประเมินได้จากคุณภาพ

ของงาน โดยควรแบ่งออกเป็นระดับและให้คำอธิบายในแต่ละระดับคุณภาพอย่างชัดเจน เพื่อความโปร่งใส และยุติธรรมกับนักเรียนทุกคน

โดยมีการกำหนดระดับคุณภาพของงาน และน้ำหนักของคะแนนว่า ขึ้นอยู่กับ ลักษณะของงานที่จะประเมิน หากเป็นงานที่ต้องการประเมินอย่างละเอียดก็สามารถแบ่งได้ หลายระดับ แต่ถ้าต้องการประเมินในภาพรวมก็อาจแบ่งเป็น 2 หรือ 3 ระดับ และยังขึ้นกับ ลักษณะของนักเรียนด้วย ถ้านักเรียนมีความสามารถแตกต่างกันกันมาก ควรแบ่งการประเมิน เป็นหลายระดับ

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบย่อ (Analytic Score)

ชาร์ล (Charles, 1987, อ้างถึงใน คงรัฐ นวลแปง, 2547, น. 19) ได้เสนอเกณฑ์ การประเมินแบบย่อ ดังตาราง 6

ตาราง 6 ตัวอย่างการประเมินแบบย่อ

องค์ประกอบย่อย	เกณฑ์การให้คะแนน
การเข้าใจปัญหา	1 = ตีความปัญหาผิด 2 = ตีความปัญหาได้บางส่วน 3 = ตีความปัญหาได้ถูกต้อง
การวางแผนแก้ปัญหา	1 = วางแผนแก้ปัญหาไม่ถูกต้องหรือไม่วางแผน 2 = วางแผนแก้ปัญหาได้บางส่วน 3 = วางแผนแก้ปัญหาได้ถูกต้อง
การได้มาซึ่งคำตอบ	1 = ไม่ตอบ หรือคำตอบที่ได้มาจากการวางแผนที่ผิด 2 = คำตอบผิดหรือคำนวณผิด 3 = คำตอบถูกต้อง

ที่มา: คงรัฐ นวลแปง. (2547). การใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและ การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. หน้า 19.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 105-106) ได้ยกตัวอย่างเกณฑ์การประเมินผลแบบย่อของการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ ดังตาราง 7

ตาราง 7 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินแบบย่อ

รายการประเมิน	ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
1. การเข้าใจปัญหา	3 = ดี	- เข้าใจโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน
	2 = พอใช้	- เข้าใจโจทย์ปัญหาได้บางส่วน
	1 = ปรับปรุง	- ไม่เข้าใจโจทย์ปัญหา
2. การเลือกวิธีการแก้ปัญหา	3 = ดี	- ระบุวิธีแก้โจทย์ปัญหาได้เหมาะสม และแปลความโจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง
	2 = พอใช้	- ระบุวิธีแก้โจทย์ปัญหาได้เหมาะสม แต่คำตอบบางส่วนผิด หรือมาจากการแปลความโจทย์ปัญหาไม่ถูกต้อง
	1 = ปรับปรุง	- ระบุวิธีการแก้ปัญหาไม่ถูกต้อง
3. การใช้วิธีการแก้ปัญหา	3 = ดี	- ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามวิธีการได้ถูกต้อง
	2 = พอใช้	- ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามวิธีการได้ถูกต้องบางส่วน
	1 = ปรับปรุง	- ดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามวิธีการไม่ถูกต้อง
4. การสรุปคำตอบ	3 = ดี	- ระบุคำตอบได้ถูกต้องครบถ้วน
	2 = พอใช้	- ระบุคำตอบได้ถูกต้องบางส่วน หรือใช้สัญลักษณ์ไม่ถูกต้อง
	1 = ปรับปรุง	- ไม่ระบุ

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. หน้า 105-106.

จากข้อมูลสรุปได้ว่า แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาส่งเสริมเพื่อวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งการคิดเป็นความสามารถทางสมองไม่สามารถวัดได้โดยตรง จึงต้องใช้แบบทดสอบที่มีมาตรฐานในการวัด โดยเกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหามี 2 รูปแบบ คือ 1) เกณฑ์รวม (Holistic

Score) เป็นเกณฑ์ที่ใช้เพื่อประเมินผลการเรียนรู้แบบภาพรวม จะสรุปหรือรายงานเฉพาะประเด็นสำคัญ และ 2) เกณฑ์ย่อย (Analytic Score) เป็นเกณฑ์ที่ใช้ประเมินผลการเรียนรู้แบบแยกองค์ประกอบย่อย จะวินิจฉัยการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างละเอียด สม่่าเสมอ เพื่อให้ได้แนวทางในการพัฒนานักเรียน ซึ่งการสร้างเกณฑ์การประเมินมีขั้นตอน ดังนี้ 1) กำหนดจุดประสงค์ 2) กำหนดรายการประเมิน และ 3) กำหนดเกณฑ์การประเมิน เนื่องจากความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียน เพื่อให้ได้มาซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ผู้วิจัยจึงเลือกใช้เกณฑ์การประเมินความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีเป็นแบบย่อย (Analytic Score) โดยมีระดับการให้คะแนนตามองค์ประกอบของความสามารถในการแก้ปัญหา คือ 2 1 และ 0 ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังตาราง 8

ตาราง 8 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี

องค์ประกอบของ ความสามารถ ในการแก้โจทย์ ปัญหาทางเคมี	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การค้นหาข้อมูล	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบ ได้แก่ - จำแนกข้อมูลที่โจทย์ให้ และข้อมูลที่โจทย์ถามได้ ถูกต้อง ครบถ้วน - ค้นหาข้อมูลที่ขาดหายได้ ถูกต้อง ครบถ้วน	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่สมบูรณ์ หรือ แสดง 1 ใน 2 องค์ประกอบ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดง ทั้ง 2 องค์ประกอบ
2. การหา ความสัมพันธ์ ของข้อมูล	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบ ได้แก่ - ระบุแนวคิดที่ใช้ใน การแก้โจทย์ปัญหาได้ ถูกต้อง - ระบุแฟกเตอร์ที่ใช้ใน การแก้โจทย์ปัญหาได้ ถูกต้อง ครบถ้วน	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่สมบูรณ์ หรือ แสดง 1 ใน 2 องค์ประกอบ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดง ทั้ง 2 องค์ประกอบ

ตาราง 8 (ต่อ)

องค์ประกอบของ ความสามารถใน การแก้ไข ปัญหาทางเคมี	ระดับคะแนน		
	2	1	0
3. เลือกหาวิธีการ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบ ได้แก่ - เลือกวิธีการที่ใช้ใน การแก้ไขปัญห ได้เหมาะสม - ดำเนินการแก้ไข ปัญหาตามวิธีที่เลือก ได้ถูกต้อง	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่สมบูรณ์ หรือ แสดง 1 ใน 2 องค์ประกอบ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดง ทั้ง 2 องค์ประกอบ
4. การคิดคำนวณ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบ ได้แก่ - ระบุค่าตอบที่โจทย์ ต้องการได้ถูกต้อง - สามารถคิดหน่วยและ สรุปหน่วยที่โจทย์ต้องการ ได้ถูกต้อง	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่สมบูรณ์ หรือ แสดง 1 ใน 2 องค์ประกอบ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดง ทั้ง 2 องค์ประกอบ

5. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาหลายท่าน (ทิสนา แชนนี, 2544, น. 133; ภพ เลหาไพบุลย์, 2542, น. 295; อารีย์ คงสวัสดิ์, 2544, น. 23) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ ดังนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถหรือความสำเร็จในการเรียนรู้ทางสมองค์ด้านต่าง ๆ ทั้งในด้านความรู้ ความเข้าใจ ความสามารถ และทักษะด้านวิชาการต่าง ๆ เป็นพฤติกรรมที่สามารถเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ จากเดิมที่ไม่สามารถกระทำได้หรือกระทำได้น้อย แต่เมื่อเกิดกระบวนการเรียนรู้จากการเรียน การอบรมสั่งสอน การฝึกฝน ทั้งจากประสบการณ์ทางตรงและทางอ้อม ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม

การเรียนรู้ทางสมอง โดยสามารถวัดพฤติกรรมที่เกิดการเปลี่ยนแปลงนั้นได้ทั้งในด้านปฏิบัติ และในด้านเนื้อหา จากการทำแบบทดสอบหรือการทำงานตามที่ได้รับมอบหมายที่สอดคล้องกับ จุดประสงค์ของการเรียนและธรรมชาติของวิชา ซึ่งนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนรู้ ที่แตกต่างกัน จึงส่งผลให้นักเรียนมีผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่างกันด้วย ทำให้ครู สามารถนำผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้นักเรียนมาจัดกลุ่มแยกออกเป็นระดับ ต่าง ๆ ตามความสามารถในการเรียนรู้ของนักเรียนได้

5.2 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาได้เสนอแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

บลูม (Bloom, 1956, อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข, 2548, น. 20) ได้แบ่งจุดประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ โดยมีเป้าหมายให้นักเรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) มุ่งพัฒนาผู้เรียนในด้านความรู้ ตามขั้น การเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 1) การจำ 2) การเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การสังเคราะห์ และ 6) การประเมินค่า
2. ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) มุ่งพัฒนาผู้เรียนในด้านจิตใจ เช่น ความสนใจ ความรู้สึก และการปรับตัว
3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) มุ่งพัฒนานักเรียนในด้านพฤติกรรม ที่จำเป็นต่อการเรียน กล่าวคือ ความชำนาญในการปฏิบัติ เช่น การปฏิบัติการทดลองได้ถูกต้อง ตามขั้นตอน

เธอร์เบอร์ และ คอลเลต (Thurber; & Collette, 1964, อ้างถึงใน ภคพร อิศระ, 2557, น. 49) ได้จัดกลุ่มแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่

1. ความรู้หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถวัดได้จากแบบทดสอบ ที่ครอบคลุมทั้งการแปลความ การระบุหลักการ การนำความรู้ไปใช้ และการแก้ปัญหา
2. ทักษะหรือพฤติกรรมที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ สามารถวัดได้จากการแสดงออก ของนักเรียน ซึ่งมีทั้งทักษะที่จำเป็นขั้นพื้นฐาน เช่น ทักษะการคำนวณ ทักษะการอ่านและเขียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในขั้นสูง เช่น ทักษะในการแก้ปัญหา
3. การปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จ สามารถวัดได้จาก การตรวจสอบผลงานหรือชิ้นงานของนักเรียน เช่น แบบฝึกหัดวิทยาศาสตร์ ใบงานในชั้นเรียน

4. เจตคติต่องานที่ได้รับมอบหมาย สามารถวัดได้จากงานที่ต้องอาศัยกระบวนการต่าง ๆ ในการทำงาน ซึ่งต้องอยู่ในความดูแลของครู หากผลงานนั้นสำเร็จแล้วครูจึงจะสามารถประเมินได้ ซึ่งการวัดในลักษณะนี้ถือเป็นการวัดที่ประเมินได้ยาก เนื่องจากต้องประเมินคุณค่าและตัดสินคุณภาพในงานของนักเรียน

5. ผลสรุปจากการทำงาน เช่น จากผลการวิจัยหรือโครงการที่มีคุณค่าต่อนักเรียน โดยเกิดขึ้นกับตัวนักเรียนเอง ไม่ได้เกิดจากการทำกิจกรรมระหว่างเรียน ครูจึงไม่สามารถวัดได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 38) ได้เสนอพฤติกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน 3 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความคิด หมายถึง ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา ประกอบด้วย การจำ การเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2. กระบวนการเรียนรู้ หมายถึง ทักษะหรือพฤติกรรมที่แสดงออกเมื่อนักเรียนพบเจอกับปัญหาหรืออุปสรรค

3. เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ซึ่งแบ่งออกเป็น เจตคติทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถพัฒนาได้จากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เป็นความรู้สึกของนักเรียนต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

จากข้อมูลสรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย เป็นการแสดงออกถึงความรู้หรือแนวคิดหลัก สามารถพัฒนาได้จากการเรียนรู้

2. ด้านทักษะพิสัย เป็นการแสดงออกถึงความสามารถในการแสวงหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาได้จากวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

3. ด้านจิตพิสัย เป็นการแสดงออกถึงความสนใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนาได้จากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และเกิดจากความสนใจของนักเรียนแต่ละคน

สำหรับงานวิจัยนี้ เป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 2 สัปดาห์ ผู้วิจัยจึงเลือกวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านพุทธิพิสัยเท่านั้น

5.3 ลำดับชั้นการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน โดยประเมินในด้านพุทธิพิสัย ตามลำดับชั้นของบลูม (Bloom's Revise Taxonomy) (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2546, น. 12) ประกอบด้วย 6 ชั้น ดังนี้

1. การจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกได้ แสดงรายการได้
2. การเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการแปลความหมาย
3. การประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา
4. การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถในการจำแนก และเปรียบเทียบ
5. การประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจเลือกอย่างรู้คุณค่า
6. การคิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบวางแผน สร้างสรรค์ผลงาน

สรุปได้ว่า ลำดับชั้นของการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านพุทธิพิสัยของ บลูม (Bloom's Revise Taxonomy) ได้จัดการเรียนรู้ทางปัญญาไว้ 6 ระดับ เรียงจากระดับพื้นฐานถึงระดับสูง ได้แก่ 1) การจำ (Remembering) 2) การเข้าใจ (Understanding) 3) การประยุกต์ใช้ (Applying) 4) การวิเคราะห์ (Analyzing) 5) การประเมินค่า (Evaluating) และ 6) การคิดสร้างสรรค์ (Creating) โดยในการวิจัยครั้งนี้ เมื่อพิจารณาถึงตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้แกนกลาง สาระที่ 2 เคมี ว. 2.1 ม.4/1-7 พบว่า ตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้ดังกล่าวทั้ง 7 ตัวชี้วัด มุ่งเน้นการแปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมีและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาบางชนิด คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร คำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีเคมีที่เกี่ยวข้องกับสารละลาย คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส คำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน ระบุสารกำหนดปริมาณและคำนวณปริมาณต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี และคำนวณผลได้ร้อยละผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี พบว่า ตัวชี้วัดสาระการเรียนรู้แกนกลางดังกล่าวทั้ง 7 ตัวชี้วัด มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนในชั้นการเข้าใจ (Understanding) การประยุกต์ใช้ (Applying) และการวิเคราะห์ (Analyzing) มากกว่าการประเมินค่า (Evaluating) ที่เป็นพฤติกรรมที่มุ่งเน้นการตัดสินใจ การเลือกหรือตรวจสอบจาก

สิ่งที่ได้เรียนรู้สู่บริบทของตนเอง และการคิดสร้างสรรค์ (Creating) ที่เป็นพฤติกรรมที่เน้นการสังเคราะห์ เพื่อเชื่อมโยงความรู้ผ่านการสร้าง การวางแผน หรือการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของนักเรียนเพียง 4 ด้าน

5.4 แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

นักการศึกษาได้กล่าวถึงแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2543, น. 15-20) ได้แบ่งแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1. แบบวัดที่ครูสร้างขึ้น เป็นแบบวัดที่ครูสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นข้อคำถามที่มีเนื้อหาอยู่ในการจัดการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินว่า นักเรียนมีความรู้หรือความเข้าใจในเรื่องที่เรียนไปถูกต้องมากน้อยเพียงใด เพื่อครูจะได้นำผลการประเมินมาใช้ในการซ่อมเสริมหรือปรับปรุงบทเรียนใหม่ต่อไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของครู

2. แบบวัดมาตรฐาน เป็นแบบวัดที่สร้างขึ้นจากผู้เชี่ยวชาญ มีลักษณะเป็นแบบวัดที่มีคุณภาพ เนื่องจากต้องทดลองนำร่องให้มีคุณภาพก่อนจึงจะนำมาใช้ ซึ่งจะมีเกณฑ์ของแบบทดสอบ พร้อมคู่มือดำเนินการสอบ บอกวิธีสอบ รวมทั้งมีมาตรฐานในด้านการแปลคะแนนด้วย ไม่ว่าจะเป็นแบบวัดที่ครูสร้างขึ้นหรือแบบวัดมาตรฐานก็ตาม

ซึ่งแบบวัดทั้ง 2 รูปแบบมีวิธีการสร้างข้อคำถามเหมือนกัน โดยมีลักษณะคำถามอยู่ในเนื้อหาที่นักเรียนได้เรียนไปแล้ว โดยมีการวัดที่ครอบคลุมพฤติกรรมต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 วัดด้านความรู้ความจำ
- 2.2 วัดด้านความเข้าใจ
- 2.3 วัดด้านการนำไปใช้
- 2.4 วัดด้านการวิเคราะห์
- 2.5 วัดด้านการสังเคราะห์
- 2.6 วัดด้านการประเมินค่า

บุญชม ศรีสะอาด (2545, น. 53) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ (Achievement Test) หมายถึง แบบวัดที่ใช้วัดความรู้ของนักเรียนแต่ละคนในด้านความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาซึ่งเป็นผลในการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเนื้อหาวิชา สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. แบบวัดอิงเกณฑ์ หมายถึง แบบวัดที่สร้างขึ้นตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ในด้านพฤติกรรม โดยมีคะแนน จุดตัด หรือเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อตัดสินว่า ผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

2. แบบวัดอิงกลุ่ม หมายถึง แบบวัดที่สร้างขึ้นจากการวิเคราะห์หลักสูตร มีจุดประสงค์เพื่อจำแนกผู้สอบออกเป็นกลุ่มเก่งอ่อนตามความสามารถ โดยใช้คะแนนมาตรฐานที่สามารถบ่งบอกความสามารถของผู้สอบแต่ละคนเมื่อเทียบกับผู้สอบคนอื่น ๆ ที่ใช้กลุ่มเปรียบเทียบ

สมนึก ภัททิยธนี (2546, น. 73-79) กล่าวว่า ครูนิยมใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 6 แบบ ดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นข้อสอบที่ระบุเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนตอบคำถามในลักษณะของการเขียนบรรยายหรือการอธิบายตามสิ่งที่นักเรียนแต่ละคนเข้าใจ

2. ข้อสอบแบบกา ถูก-ผิด (True-False Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ละตัวเลือกเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก – ผิด, เหมือนกัน – ต่างกัน

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ให้ข้อความหรือประโยคมาบางส่วน แล้วให้ผู้ตอบเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้ เพื่อให้ได้ใจความที่สมบูรณ์

4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) เป็นข้อสอบที่ให้ตอบแบบสั้น ๆ กระชับแต่ได้ใจความสมบูรณ์

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ โดยมีประโยคข้อความแบ่งออกกันเป็น 2 ส่วน โดยผู้ตอบต้องจับคู่ประโยคข้อความที่มีความสัมพันธ์กัน

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) เป็นข้อสอบที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนนำหรือคำถาม (Stem) และส่วนเลือก (Choice) โดยส่วนเลือกจะเป็นตัวลวง เพราะจะมีลักษณะใกล้เคียงกัน แต่จะมีค่าน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

จากข้อมูลสรุปได้ว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่ง ดังนี้

1. เกณฑ์การสร้าง ได้แก่ แบบวัดที่ครูสร้างขึ้น และแบบวัดมาตรฐาน

2. เกณฑ์การตัดสิน ได้แก่ แบบวัดอิงเกณฑ์ และแบบวัดอิงกลุ่ม

3. เกณฑ์ลักษณะแบบวัด ได้แก่ ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) ข้อสอบแบบกา ถูก-ผิด (True-False Test) ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) และข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

โดยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรวัดทั้งเนื้อหาและพฤติกรรมจากเรื่องที่นักเรียนเรียนไปแล้ว และควรวัดให้ครอบคลุมพฤติกรรมด้านต่าง ๆ ได้แก่ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีลักษณะเป็นปรนัย แบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยคำถามที่ใช้ครอบคลุมพฤติกรรมที่ต้องการวัด 4 ด้าน คือ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์ ตามลักษณะและธรรมชาติของเนื้อหาในรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

5.5 การหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. การวิเคราะห์อำนาจจำแนก

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2540, น. 62) กล่าวถึง การหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องประกอบด้วย ค่าอำนาจจำแนกมีสัญลักษณ์ย่อว่า “r” จะมีค่าระหว่าง -1.00 จนถึง +1.00 ถ้าข้อคำถามใดมีค่าอำนาจจำแนกเป็น 0 หมายความว่า ไม่มีค่าอำนาจจำแนก คนเก่งกับไม่เก่งตอบได้ถูกเหมือนกัน หรือคนเก่งกับคนไม่เก่งตอบผิดเหมือนกัน ถ้าค่าอำนาจจำแนกติดลบ หมายความว่า คนไม่เก่งทำได้ถูกมากกว่าคนเก่ง หรือคนเก่งทำผิดนั่นเอง แต่คนไม่เก่งทำถูก เป็นข้อคำถามที่มีอำนาจจำแนกเหมือนกัน ถ้าอำนาจจำแนกมีค่าเป็นบวก หมายความว่า คนเก่งทำได้มากกว่าคนไม่เก่ง นั่นคือคนเก่งทำถูก คนไม่เก่งทำผิด ข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกเป็นบวกและยิ่งบวกมากขึ้นยิ่งดี

2. การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2540, น. 90) กล่าวถึง การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรงตามเนื้อหา หมายถึง การลงความเห็นเกี่ยวกับความสอดคล้องระหว่างเนื้อหาของเครื่องมือวัดกับเนื้อหาของเกณฑ์ ถ้ามีความสอดคล้องกันมาก แสดงว่ามีหลักฐานแสดงความเที่ยงตรงตามเนื้อหา เป็นการแสดงความเที่ยงตรงทั้งต่อรายละเอียดของเนื้อหาวิชา และความเที่ยงตรงต่อพฤติกรรมคาดหวังในเนื้อหาวิชานั้น ๆ ด้วย การแสดงหลักฐานความเที่ยงตรง

ตามเนื้อหา ในความหมายนี้ต้องมีตารางกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของเนื้อหาและพฤติกรรม การเรียนการสอนหรือตารางวิเคราะห์หลักสูตร แล้วเขียนคำถามต่าง ๆ ให้ครอบคลุมเนื้อหาและ ชนิดของพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ศิริชัย กาญจนวาสี (2548, น. 106) กล่าวถึง ความเที่ยงตรงตามเนื้อหาว่าเป็นความเที่ยงตรงพื้นฐานต่อการพัฒนาแบบสอบประเภทต่าง ๆ ทางจิตวิทยาทางการศึกษา ซึ่งขั้นตอนของการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีขั้นตอนดังนี้

1. เลือกกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ เกี่ยวกับเนื้อหานั้น และมีความรู้เกี่ยวกับการวัดและประเมินผล

2. ให้ผู้เชี่ยวชาญตัดสินสิ่งต่อไปนี้คือ ความเหมาะสมของขอบเขต และความชัดเจนของผลที่ต้องการวัด และความสอดคล้องตามจุดมุ่งหมาย และเนื้อเรื่องที่มุ่งวัดของข้อสอบที่สร้าง

3. วิเคราะห์ผลการตัดสินของผู้เชี่ยวชาญ โดยพิจารณาตัวบ่งชี้ต่อไปนี้

3.1 ระดับความเหมาะสมของขอบเขตและความชัดเจนของสิ่งที่มุ่งวัด

3.2 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักความสำคัญของแต่ละจุดมุ่งหมายกับจำนวนข้อสอบที่ใช้วัดจุดมุ่งหมายนั้น

3.3 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างสิ่งที่แบบสอบมุ่งวัดกับจุดมุ่งหมายหรือร้อยละของจำนวนข้อสอบที่มุ่งวัดได้สอดคล้องกับจุดมุ่งหมาย

3. การวิเคราะห์ความเชื่อมั่น

ศิริชัย กาญจนวาสี (2557, น. 75) กล่าวถึง การวิเคราะห์ความเชื่อมั่นว่า ในการวิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบที่ให้คะแนน 0, 1 ใช้วิธีการหาความเชื่อมั่นของ Kuder-Richardson เป็นการหาความสอดคล้องภายใน ซึ่งทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นการทดสอบ คือ ข้อที่มีการให้คะแนนแบบ Dichotomized คือ 0, 1 ซึ่ง Kuder-Richardson ได้พัฒนาหลายสูตร แต่สูตรที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ Kuder-Richardson formula-20 (KR-20) และ Kuder-Richardson-21 (KR-21)

จากข้อมูลสรุปได้ว่า การหาคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประกอบด้วย 1) การวิเคราะห์อำนาจจำแนก (r) จะมีค่าระหว่าง -1.00 จนถึง +1.00 ซึ่งค่าอำนาจจำแนกที่ดีควรมีค่าเป็นบวกหรือเข้าใกล้ 1 มาก ๆ จึงจะสามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนออกจากกันได้ 2) การวิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของ

เนื้อหาเกี่ยวกับแบบวัด ต้องประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญอย่างน้อย 3 ท่าน และ 3) การวิเคราะห์ความเชื่อมั่น เพื่อหาความสอดคล้องของข้อสอบทั้งฉบับ

6. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้

6.1 ความหมายของความคงทนในการเรียนรู้

นักการศึกษา (Adam, 1967, p. 9; เกษมศรี ภัทรภูริสกุล, 2544, น. 40) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับ ความคงทนในการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ ดังนี้

ความคงทนในการเรียนรู้ หมายถึง ความสามารถในการสะสมความรู้และการระลึกถึงเนื้อหา ความรู้ หรือสิ่งต่าง ๆ ได้ เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้น โดยจะต้องเป็นเรื่องที่นักเรียนเคยได้รับการเรียนรู้ หรือเคยมีประสบการณ์ในการเรียนรู้มาแล้ว หลังจากทิ้งช่วงระยะเวลาไประยะหนึ่ง กล่าวคือ ความคงทนในการจำ ซึ่งสามารถประเมินความคงทนในการจำได้จากการประเมินผล การเรียนรู้ เพื่อประเมินนักเรียนว่า หลังจากทีนักเรียนได้รับการเรียนรู้ และทิ้งห่างไปช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้ว นักเรียนมีการเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยเพียงใด

6.2 ความหมายของการจำ

นักการศึกษา (ลำเนา ศรีประมงค์, 2547, น. 15; สุรางค์ คุ้มตระกูล, 2548, น. 250) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับ การจำ โดยผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ได้ ดังนี้

ความจำ หมายถึง ความสามารถในการสะสมประสบการณ์ต่าง ๆ ที่ได้รับการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อม แล้วสามารถนำความรู้หรือประสบการณ์ที่เก็บไว้เป็นเวลานาน มาใช้ได้เมื่อระลึกถึง กล่าวคือ การจำได้ โดยสามารถแสดงออกถึงความรู้จากประสบการณ์ได้ทางพฤติกรรม

6.3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำ

ชัยพร วิชาวุธ (2520, น. 278) จำแนกการจำออกเป็น 3 ชนิด ได้แก่

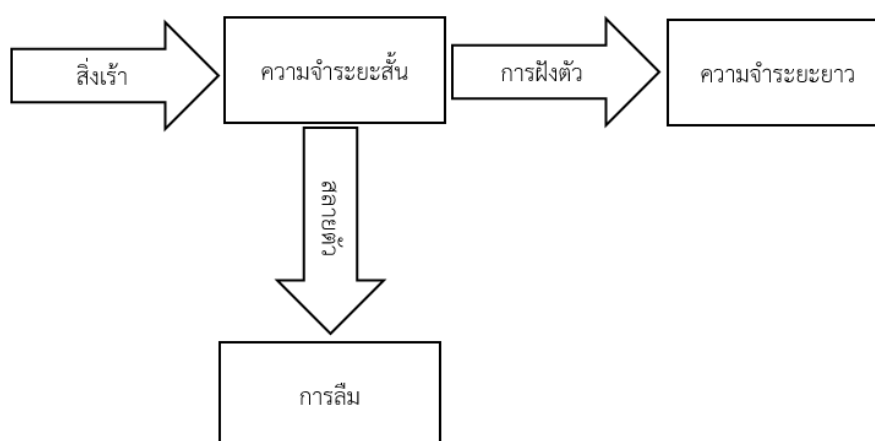
1. ระบบการจำความรู้สึกสัมผัส (Sensory Memory) หมายถึง ความคงอยู่ของความรู้สึกสัมผัสหลังจากเสนอสิ่งเร้าได้สิ้นสุดลง

2. ระบบความจำระยะสั้น (Short – Term Memory หรือ STM) เป็นความจำหลังจากรับรู้สิ่งเร้าที่ได้รับการตีความ จึงเกิดการรับรู้แล้วจะอยู่ในความจำระยะสั้น เราใช้ความจำระยะสั้นสำหรับการจำชั่วคราว เพื่อใช้ให้เป็นประโยชน์ขณะที่จำอยู่เท่านั้น

3. ระบบความจำระยะยาว (Long – Term Memory หรือ LTM) เป็นความจำที่มีความคงทนถาวร เราไม่รู้สึกในสิ่งที่จำอยู่ แต่เมื่อต้องการใช้หรือมีสิ่งหนึ่งสิ่งใดมาสะกิดใจ

ก็สามารถรื้อฟื้นขึ้นมาได้ เช่น การจำเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นเมื่อหลายชั่วโมง หลายวัน หรือหลายปีมาก่อน

แอตकिनสัน และ ชิฟฟริน (Atkinson; & Shiffrin, 1997, อ้างถึงใน สุพรรณิ เสนภักดี, 2553, น. 14-15) ได้กล่าวถึงทฤษฎีความจำสองกระบวนการว่า ความจำระยะสั้น เป็นความจำชั่วคราว ความจำระยะสั้นและมีการระลึกถึงอยู่อย่างสม่ำเสมอในระยะเวลาหนึ่ง จะทำให้ความจำระยะสั้นนี้คงอยู่ และหากคงอยู่นานมากเท่าใด ความจำระยะสั้นนั้นย่อมสามารถฝังตัวเป็นความจำระยะยาวได้ ซึ่งหากเป็นความจำระยะยาวหรือความจำถาวร จะสามารถระลึกถึงได้ตลอดเวลา ถือเป็นความคงทนในการจำ โดยทางทฤษฎีความจำสองกระบวนการนี้ กล่าวว่า ช่วงเวลาที่ความจำระยะสั้นจะฝังตัวเป็นความจำระยะยาวได้ ต้องใช้ระยะเวลาประมาณ 14 วัน โดยมีกระบวนการ ดังภาพประกอบ 4



ภาพประกอบ 4 แผนผังแสดงทฤษฎีความจำ 2 กระบวนการ

ที่มา: เรวดี เพชรมณี. (2555). การศึกษาความสามารถและความคงทนในการเรียนรู้ การปฏิบัติช่วยเหลือ โดยใช้เทคนิคแม่แบบผสมผสาน. หน้า 31.

“ทฤษฎีความจำ 2 กระบวนการ” (Two Process Theory of Memory) สรุปได้ดังนี้

1. ความจำระยะสั้นเป็นความจำชั่วคราว สามารถสลายไปได้หากไม่ได้ระลึกถึงอย่างสม่ำเสมอในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง
2. ความจำระยะสั้น ควรถูกกระตุ้นให้ระลึกถึงอย่างสม่ำเสมอ ไม่เช่นนั้นความจำจะสลายตัวไปอย่างรวดเร็ว

3. ความจำระยะสั้นนั้นมีข้อจำกัดเกี่ยวกับจำนวนของสิ่งที่ต้องการระลึกถึง โดยจะรื้อฟื้นได้เพียง 5 – 9 สิ่งในขณะเดียวกันเท่านั้น

4. สิ่งใดก็ตามถ้าอยู่ในความจำระยะสั้น เป็นเวลานานเท่าใดก็จะมีโอกาสฝังตัวอยู่ในความจำระยะยาวมากขึ้นเท่านั้น

5. การฝังตัวในความจำระยะยาวกับสิ่งเร้าที่เราต้องการจำ

จากข้อมูลสรุปได้ว่า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจำ คือ ทฤษฎีความจำสองกระบวนการ กล่าวถึง ความจำระยะสั้นและความจำระยะยาว ความจำระยะสั้นหรือความจำชั่วคราวเป็นความจำที่มีข้อจำกัด เมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วไม่ได้รับการทบทวนบ่อย ๆ จะทำให้ความจำสลายตัวไปหรือเรียกว่า การลืม แต่ถ้าความจำระยะสั้นได้รับการทบทวน 3 – 4 ครั้งในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ อย่างสม่ำเสมอ จะทำให้อยู่ในความจำระยะสั้นเป็นเวลานาน เกิดการฝังตัวในความจำระยะยาว และเมื่อข้อมูลเหล่านั้นอยู่ในความจำระยะยาวแล้ว ข้อมูลเหล่านั้นก็จะอยู่ในความจำตลอดไป ซึ่งระยะเวลาที่ความจำระยะสั้นจะฝังกลายเป็นความจำระยะยาวหรือเกิดความคงทนในการจำนั้น จะใช้เวลาประมาณ 14 วัน หรือ 2 สัปดาห์ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยจึงกำหนดระยะเวลาในการทดสอบความคงทนในการเรียนรู้หลังจากเสร็จสิ้นกระบวนการจัดการเรียนรู้แล้ว 2 สัปดาห์

6.4 ขั้นตอนกระบวนการเรียนรู้ การจดจำ และการลืม

6.4.1 กระบวนการเรียนรู้และจดจำ

กาเย่ (Gagne, 1985, pp. 27-36) ได้กล่าวถึงขั้นตอนของกระบวนการเรียนรู้ และการจำ สรุปได้ดังนี้

1. การจูงใจ (Motivation Phase) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจในเรื่องที่กำลังจะเรียน

2. การทำความเข้าใจ (Apprehending Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสามารถทำความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์หรือประเด็นที่ใช้ในการกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ

3. การเรียนรู้สิ่งใหม่สู่การจำ (Acquisition Phase) เป็นขั้นที่นำสิ่งใหม่ที่ได้เรียนรู้เกิดเป็นความสามารถใหม่ในตัวบุคคล

4. ความสามารถในการสะสมสิ่งที่ได้เรียนรู้ไว้ในความจำ (Retention Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้นำความรู้จากประสบการณ์ เมื่อผ่านไปช่วงระยะเวลาหนึ่ง จะถูกเก็บไว้ในความจำ

5. การรื้อฟื้น (Recall Phase) เป็นขั้นที่นำสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้วออกมาใช้ได้เมื่อมีสิ่งกระตุ้น

6. การสรุปหลักการ (Generalization Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนสามารถนำความรู้จากเรื่องที่เรียนมาแล้ว ไปปรับใช้ในประเด็นใหม่หรือสถานการณ์ใหม่ที่เผชิญ

7. การลงมือปฏิบัติ (Performance Phase) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนได้แสดงออกถึงพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการเรียนรู้

8. การสร้างผลย้อนกลับ (Feedback Phase) เป็นขั้นที่ทำให้ทราบถึงผลการเรียนรู้ หากในขั้นทำความเข้าใจและขั้นการเรียนรู้ไม่ประสบผลสำเร็จ จะส่งผลต่อขั้นการจำทำให้นักเรียนไม่สามารถจดจำเรื่องที่เรียนมาได้ สะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ส่งผลต่อการจำของนักเรียน ดังนั้นครูควรจัดการเรียนรู้ ดังนี้

8.1 การจัดบทเรียนให้มีความหมาย (Meaningfulness) ได้แก่

8.1.1 การสร้างสื่อสัมพันธ์ (Mediation)

8.1.2 การจัดระบบไว้ล่วงหน้า (Advance Organization)

8.1.3 การจัดลำดับขั้น (Hierarchical)

8.1.4 การจัดเข้าหมวดหมู่ (Organization)

8.2 การจัดสถานการณ์การเรียนรู้ (Management of Learning) ซึ่งทำได้

ดังนี้

8.2.1 การนึกถึงสิ่งที่เรียนในขณะที่เรียนอยู่ (Recall during Practice)

8.2.2 การเรียนเพิ่มเติม (Over Learning)

8.2.3 การทบทวนบทเรียน (Periodical Reviews)

8.2.4 การจำอย่างมีหลักเกณฑ์ (Logic Memory)

8.2.5 การท่องจำ (Recitation)

8.2.6 การใช้จินตนาการ (Imaginary)

นอกจากนี้ กมลรัตน์ หล้าสูงษ์ (2523, น. 254) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำ ดังนี้

1. ทักษะและความรู้สึกลึกซึ้งของนักเรียน หากนักเรียนมีความรู้สึกลึกซึ้งต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง นักเรียนจะมีความสนใจ และสามารถจดจำรายละเอียดเกี่ยวกับสิ่งนั้นได้ดี ส่งผลให้นักเรียนสามารถจดจำสิ่งนั้นได้ในระยะยาว

2. การทบทวนอย่างสม่ำเสมอ หากนักเรียนฝึกทบทวนในสิ่งที่ได้เรียนรู้ อย่างสม่ำเสมอ นักเรียนจะจดจำสิ่งนั้นได้ระยะยาว

3. ระยะเวลา หากนักเรียนเว้นระยะหลังจากการเรียนรู้ โดยไม่ได้ทบทวน เป็นระยะเวลานาน ๆ จะส่งผลให้นักเรียนลืมสิ่งที่ได้เรียนรู้

6.4.2 การลืม

ประสาธ อิศรปริดา (2522, น. 257) ให้ความหมายของการลืมไว้ว่า การลืม คือ การที่สาระข้อมูลในหน่วยความจำได้สูญหายหรือสลายไปในหน่วยความจำชั่วขณะนั้น ถ้าสาระ ข้อมูลสูญหายหรือสลายไป เราก็ไม่สามารถเรียกออกมาใช้ได้ เช่นเดียวกับการทำงาน บนคอมพิวเตอร์แล้วไฟดับก่อนที่จะบันทึกลงข้อมูลไว้ ทำให้ข้อมูลอาจสูญหายและไม่สามารถ เรียกคืนกลับมาได้ นอกจากนี้ผลการวิจัยในปัจจุบันยังพบว่า เมื่อมีสิ่งเร้าหรือสาระข้อมูลใหม่ เข้ามาแทรกแซง หรือเมื่อเวลาผ่านไปนาน เราจะสามารถระลึกถึงสาระข้อมูลได้น้อยลง

ปรีชา ช้างขวัญยืน (2545, น. 45) ได้สรุปสาเหตุแห่งการลืมไว้ 4 ประการ ได้แก่

1. ประสบการณ์ไม่ประทับใจ ประสบการณ์จะแจ่มชัดเมื่อบุคคลมีจิตใจ จดจ่ออยู่กับประสบการณ์นั้น ในวันหนึ่ง ๆ เรามีประสบการณ์มากมาย แต่เราจะจำได้เพียง บางเรื่อง ถ้าประสบการณ์ไม่แจ่มชัดก็จะจำได้ยาก แต่ถ้าคนเราเอาใจจดจ่อในเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้ โดยเฉพาะแล้ว ก็จำเรื่องนั้นได้ดี แต่เพราะคนเราไม่สามารถเอาใจจดจ่อในเรื่องตั้งแต่ 2 เรื่อง ขึ้นไปในเวลาเดียวกันได้ คนที่พูดว่า สามารถอ่านหนังสือและฟังข่าววิทยุไปพร้อม ๆ กันนั้น แท้จริง แล้วหาได้ทำ 2 อย่างพร้อมกันไม่ แต่เขาเป็นคนที่สามารถเปลี่ยนความตั้งใจสลับไปมาระหว่าง การอ่านหนังสือกับการฟังวิทยุได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้น ถ้าเราต้องการจำเรื่องใดให้ได้ดี เราต้องมีความตั้งใจหรือเอาใจจดจ่อในเรื่องนั้นเพียงอย่างเดียว ไม่พยายามคิดเรื่อง 2 เรื่องในเวลาเดียวกัน คนที่คิดเรื่อง 2 เรื่องได้เกือบจะพร้อม ๆ กันนั้น ถ้าเอาใจจดจ่อแต่ละเรื่องจะคิดได้ดียิ่งขึ้น

2. ขาดการใช้ประโยชน์ การไม่ได้นำสิ่งนั้นไปใช้ หรือไม่ได้มีประสบการณ์ ดังกล่าวซ้ำอีก สิ่งที่เราจำแล้ว เรามักจะจำได้เพียง 2 – 3 วัน หลังจากนั้นเราก็จะลืมเกือบหมด สิ่งที่เราเรียนส่วนมากจะลืมหลังจากที่เพิ่งเรียน ส่วนที่ยังจำได้จะค่อย ๆ ลืม

3. การมีสิ่งรบกวน บางครั้งเราพยายามจำเรื่องบางเรื่องแต่จำไม่ได้ เช่น พยายามจำเรื่องที่ฝันเมื่อตื่นขึ้นกลางดึก ครั้นหลับต่อไปจนรุ่งเช้า เรากลับลืมเรื่องที่พยายามจำไว้ นั่น สาเหตุแห่งการลืมนี้อาจเกิดจากพฤติกรรมทางจิตอื่นเข้ามารบกวน แล้วทำให้เราจำเรื่องที่ เราต้องตั้งใจจะจำ เช่น เมื่อหลับแล้วฝันเรื่องอื่นต่อ การที่เรื่องอื่นเข้ามารบกวน แล้วทำให้เราจำ เรื่องที่ต้องการจำไม่ได้ทางจิตวิทยา เรียกว่า การระงับ (Inhibition) พฤติกรรมที่ทำให้เกิดการระงับ ดังกล่าว อาจเป็นพฤติกรรมที่เกิดก่อนเรื่องที่เรากำลังจำ เรียกว่า การย้อนระงับ (Retroactive Inhibition) การย้อนระงับนี้ ทำให้เกิดการลืม สังเกตได้ว่า เมื่อเราเรียนมากขึ้น เราจะจำสิ่งใหม่ ๆ

ได้มากขึ้น แต่เราก็จะลืมสิ่งเก่า ๆ ที่เคยจำได้มากขึ้นด้วย ทั้งนี้ไม่ใช่เพราะเวลาที่เรจำเรื่องเก่า ห่างจากปัจจุบันมากเพียงอย่างเดียว จะเห็นว่าคนรุ่นเก่า ๆ จำนวนมากจำเรื่องในอดีตได้แม่นยำ แม้ในรายละเอียดคนที่จำได้เช่นนั้น อาจจะเป็นชาวบ้านที่ไม่ได้มีการศึกษาอะไร การจำได้เช่นนั้น อาจไม่ใช่เพราะความจำดี แต่เป็นเพราะในชีวิตเขามีเรื่องที่ต้องจดจำไม่กี่ประเภท การรับรู้ จึงมีน้อย ทำให้การลืมน้อยลง

4. การเก็บกด ความคิดเรื่องการเก็บกดนี้ เป็นความคิดที่ได้มาจากทฤษฎี จิตวิเคราะห์ (Psychoanalysis) การเก็บกดเป็นวิธีลืมนิ่งที่ก่อให้เกิดความรู้สึกเจ็บปวด โดยกดความคิดที่เกี่ยวกับเรื่องที่ทำให้รู้สึกเจ็บปวด หรือความคิดสัมพันธ์กับเรื่องดังกล่าว ให้พ้นจากจิตสำนึกไปอยู่ในจิตไร้สำนึก การเก็บกดเกิดขึ้นเมื่อแรงสองแรงในใจเกิดการขัดแย้งกัน แรงหนึ่งพยายามให้ระลึกได้ อีกแรงหนึ่งพยายามไม่ให้ระลึกได้ การลืมนิ่งประเภทนี้ทำให้รู้สึก เจ็บปวดนี้ แม้ว่าจะเก็บกดไว้ในจิตใต้สำนึกแล้ว แต่ยังมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมอยู่ ความจำ ถูกเก็บกด เพราะถ้าเรารู้สึกเจ็บปวดและลืมนิ่งแล้วรู้สึกสบาย ความจำชนิดนี้จึงถูกทำให้ลืมนิ่งด้วยวิธี เก็บกด บางครั้งสิ่งที่เราเก็บกดนี้อาจไม่ใช่สิ่งที่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดโดยตรง แต่เป็น สิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ก่อให้เกิดความเจ็บปวดก็ได้ เช่น เรามักจะลืมนิ่งวันที่นัดกับหมอฟันมากกว่า วันที่นัดกับคูรัก เป็นต้น

นอกจากนี้ สุชา จันทรโณม (2536, น. 23) ได้เสนอแนวทางที่ทำให้ลืมนิ่งที่สุด ดังนี้

1. พยายามให้นักเรียนตระหนักถึงคุณค่าในสิ่งที่เรียน เพราะเมื่อนักเรียนเห็นคุณค่าหรือเห็นความสำคัญในสิ่งที่ได้เรียนรู้ก็มักจะลืมนิ่งได้ยาก
2. พยายามให้นักเรียนจดจำสิ่งที่ได้เรียนรู้ กล่าวคือ ควรจัดการเรียนรู้ให้ถึงขั้นการจำ เพราะเมื่อนักเรียนได้เรียนในเรื่องถัดไป นักเรียนจะสามารถจดจำเรื่องที่เรียนไปแล้วได้ดีขึ้น
3. แยกแยะสิ่งที่เรียน เพื่อให้เห็นว่าแต่ละเรื่องที่เรียนมีความหมายอย่างไร ถ้าเรียนไปโดยไม่ทราบถึงสาเหตุที่ต้องเรียน จะทำให้นักเรียนลืมนิ่งง่าย
4. จัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และไม่ควรให้นักเรียนเป็นผู้รับฟัง โดยมีครูเป็นผู้บรรยายเพียงอย่างเดียว
5. หากนักเรียนเรียนจบในเรื่องใดเรื่องหนึ่งแล้ว ครูควรเว้นระยะเวลาสักพัก แล้วจึงจัดการเรียนรู้ในเรื่องต่อไป เพื่อให้นักเรียนแยกแยะเรื่องที่เรียนไปแล้วกับเรื่องใหม่ที่กำลังจะเรียนได้

6. ฝึกทบทวนสิ่งที่ได้เรียนรู้จากเรื่องที่เรียนไปแล้วอย่างสม่ำเสมอ จะช่วยให้นักเรียนสามารถจดจำได้ดีขึ้น

จากข้อมูลสรุปได้ว่า กระบวนการเรียนรู้และจดจำสามารถเกิดขึ้นได้จากการจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนสนใจในประเด็นที่จะศึกษา โดยครูอาจใช้สถานการณ์เป็นสื่อเพื่อทบทวนบทเรียน และเมื่อนักเรียนเกิดการเรียนรู้แล้ว จะเกิดเป็นความจำในช่วงเวลาหนึ่งที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้ ซึ่งครูสามารถสังเกตได้จากพฤติกรรมที่บ่งบอกถึงการเรียนรู้ ถือเป็นการสะท้อนผลการเรียนรู้ของนักเรียน ถ้านักเรียนไม่เข้าใจในบทเรียน เกิดการเรียนรู้ที่ไม่มีประสิทธิภาพ จะส่งผลให้การจำของนักเรียนลดลงหรือจำไม่ได้เลย ดังนั้น จะเห็นว่า นักเรียนจะจำได้มากหรือน้อย จะเกิดเป็นความจำระยะยาวได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนั้น ครูควรสร้างให้นักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนรู้ ฝึกฝนและทบทวนในสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้อย่างสม่ำเสมอ ให้นักเรียนเห็นความหมายหรือประโยชน์ของการเรียนรู้นั้น ๆ จัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วม จะช่วยให้นักเรียนเกิดการจำได้มากขึ้น ในทางตรงข้าม หากนักเรียนไม่ชอบหรือสนใจในเรื่องที่เรียน ไม่ได้นำความรู้จากเรื่องที่เรียนมาใช้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือมีสิ่งอื่นเข้ามาครอบงำในขณะที่นักเรียนพยายาม รวมทั้งการเก็บกดจากจิตใจสำนึกของนักเรียนเอง จะทำให้นักเรียนเกิดการลืมและไม่สามารถนำความจำนั้นออกมาใช้ได้

6.5 การวัดและประเมินความคงทนในการเรียนรู้

นักการศึกษาหลายท่าน ได้เสนอแนวทางในการวัดและประเมินความคงทนในการเรียนรู้ ไว้ดังนี้

ดีวयर (Dwyer, 1978, อ้างถึงในสุกรี รอดโพธิ์ทอง, 2544, น. 60) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ การจำ และการระลึกได้ (Recall) ดังนี้

1. ด้านการเรียนรู้ คือ บุคคลสามารถเรียนรู้ผ่านการรับรู้ด้านต่าง ๆ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ 1) การมองเห็น 2) การได้กลิ่น 3) การได้ยิน 4) การสัมผัส และ 5) การชิมรส

2. ด้านการจำ คือ บุคคลสามารถจดจำผ่านสิ่งต่าง ๆ ได้ โดยเรียงลำดับจากมากไปน้อยที่สุด ดังนี้ 1) การลงมือปฏิบัติ 2) การพูด 3) การได้เห็น 4) การได้ยิน และ 5) การอ่าน

3. ด้านการระลึกได้ คือ บุคคลสามารถระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนไปแล้ว ผ่านการเรียนรู้ในรูปแบบต่าง ๆ จากมากไปน้อย ดังนี้ 1) การบอกวิธีการและการแสดงให้ดู 2) การแสดงให้ดู และ 3) การบอกให้ทำ

ชม ภูมิภาค (2528, น. 23) ได้กล่าวถึงวิธีการวัดความคงทน เพื่อตรวจสอบว่ามีความคงทนมากน้อยเพียงใดหลังจากสิ้นสุดการเรียนไปแล้วในระยะเวลาหนึ่ง โดยไม่มีสิ่งเร้าไปกระตุ้นอะไรเพิ่มเติม มีวิธีการวัดอยู่ 3 วิธี ได้แก่

1. การระลึกได้ (The Recall Method) เป็นวิธีการวัดเพื่อติดตามผลการเรียนรู้หลังการจัดการเรียนการสอนไปแล้ว โดยจะเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างการติดตามหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนทันที เพื่อประเมินผลว่านักเรียนมีความรู้ในเรื่องที่เรียนคงเหลือคิดเป็นกี่เปอร์เซ็นต์

2. การรู้จัก (The Recognition Method) เป็นวิธีการวัดโดยให้นักเรียนจำแนกหรือแยกแยะสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้ว ออกจากสิ่งที่คล้ายกับสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้ว

3. วิธีการเรียนใหม่ (Relearning Method) หรือการประหยัดเวลา (Saving Method) เป็นวิธีที่ใช้เปรียบเทียบระหว่างการเรียนครั้งแรกกับการเรียนครั้งหลังว่า การเรียนครั้งแรกใช้เวลาในการทำความเข้าใจแตกต่างจากการเรียนครั้งหลังหรือไม่ เช่น การเรียนครั้งแรกใช้เวลาในการทำความเข้าใจ 40 ครั้ง ส่วนการเรียนครั้งหลังใช้เวลาในการทำความเข้าใจ 10 ครั้ง แสดงว่า การเรียนในครั้งหลังประหยัดเวลาในการทำความเข้าใจไป 30 ครั้ง กล่าวคือมีความคงทนในการเรียนรู้ร้อยละ 75

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์ (2523, น. 242-248) ได้กล่าวว่า การวัดความคงทนในการเรียนรู้ว่า นักเรียนที่มีความคงทนในการเรียนรู้ เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้น นักเรียนจะสามารถระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้วหรือจากประสบการณ์ที่ได้รับรู้ โดยควรทำแบบทดสอบเมื่อผ่านช่วงระยะเวลาไประยะหนึ่ง การวัดความคงทนในการเรียนรู้มี 3 วิธี ได้แก่

1. การจำได้ (Recognition) เป็นการทดสอบความจำว่า สามารถจำแนกระหว่างสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วกับสิ่งใหม่ที่ยังไม่ได้เรียนรู้ ได้หรือไม่ เช่น การชี้ตัวผู้ต้องหา โดยให้ผู้ต้องหาปะปนอยู่กับบุคคลที่ไม่ใช่ผู้ต้องหา

2. การระลึกได้ (Recall) เป็นการรื้อฟื้นความจำจากประสบการณ์หรือสิ่งที่เคยพบเจอมาก่อน ซึ่งเป็นการระลึกได้ด้วยตนเองโดยไม่มีสิ่งใดไปกระตุ้น

3. การเรียนซ้ำ (Relearning) หมายถึง การเรียนรู้ในเรื่องเดิมซ้ำ ๆ หลาย ๆ รอบ จนกว่าจะจดจำเรื่องนั้นได้ ซึ่งใช้จำนวนครั้งที่เรียนซ้ำเป็นการวัด โดยการเรียนซ้ำทำให้สามารถระลึกถึงเรื่องที่เรียนไปแล้วได้ และเมื่อเวลาผ่านไปจะมีความจำเหลืออยู่ในบางส่วน เช่น ในวัยเด็กเวลาที่ต้องท่องอะไร จะต้องท่องซ้ำ ๆ หลาย ๆ รอบจึงจะจดจำได้ แต่เมื่อเป็นผู้ใหญ่แล้ว เมื่อให้กลับไปท่องในสิ่งที่เคยท่องในวัยเด็กจะพบว่า ใช้จำนวนครั้งในการท่องซ้ำน้อยกว่าในวัยเด็ก

จากข้อมูลสรุปได้ว่า ความคงทนในการเรียนรู้เป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะเมื่อนักเรียนจำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว นักเรียนก็จะสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ตามต้องการ เช่น การจำสัญลักษณ์ธาตุ สูตรโมเลกุล มวลโมเลกุลของธาตุบางชนิด รวมทั้งสูตรเคมีต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ ก็จะทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานเหล่านี้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีได้ ซึ่งความคงทนในการเรียนรู้ นั้น มีความสัมพันธ์กับกิจกรรมการเรียนการสอน ดังนั้น ถ้านักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสร้างความเข้าใจ และได้ฝึกฝนทักษะอย่างสม่ำเสมอ ก็จะทำให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ โดยช่วงระยะเวลาที่ความจำระยะสั้นจะฝังตัวกลายเป็นความจำระยะยาวหรือความคงทนในการเรียนรู้ จะใช้เวลาประมาณ 14 วัน ซึ่งการวัดความคงทนในการเรียนรู้สามารถวัดได้ 3 วิธี คือ 1) การจำได้ (Recognition) 2) การระลึกได้ (Recall) และ 3) การเรียนรู้ซ้ำ (Relearning)

7. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

7.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

พัชนี แสงประสิทธิ์ (2558, น. 102-113) ได้พัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่เสริมกิจกรรม 4S ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากโรงเรียนศรีอยุธยาในพระอุปถัมภ์ฯ จำนวน 2 ห้องเรียน กลุ่มทดลองเป็นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่เสริมกิจกรรม 4S กลุ่มควบคุมเป็นนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่เสริมกิจกรรม 4S มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่เสริมกิจกรรม 4S มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ เรื่องการเคลื่อนที่แนวตรง หลังเรียนผ่านเกณฑ์มากกว่าร้อยละ 50 ผลจากการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่เสริมกิจกรรม 4S โดยในขั้นสำรวจและค้นหาเน้นให้นักเรียนได้รับความรู้และประสบการณ์ตรงผ่านการลงมือปฏิบัติ เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับความรู้ความเข้าใจ อาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้ และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง และกิจกรรม 4S เป็นขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในสถานการณ์ต่าง ๆ โดยกิจกรรม 4S จะช่วยแก้ปัญหาที่นักเรียนไม่ทราบ ประกอบด้วย 4 ขั้น คือ Search Select Solve และ Share

พัชรกร ยิ่งยงยุทธ (2560, น. 82-88) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับหลัก สุ จี ปุ ลิ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่องกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับหลัก สุ จี ปุ ลิ กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัย พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับหลัก สุ จี ปุ ลิ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) นักเรียนที่เรียนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับหลัก สุ จี ปุ ลิ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน ทำให้ผู้เรียนได้ฝึกการลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง ได้ร่วมทำกิจกรรมกลุ่ม และร่วมอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

โกคาน และ กุลเซน (Gokhan; & Gulsen, 2014, pp. 3120-3124) ได้ศึกษาการใช้รูปแบบการสอน 5E ในการจัดกิจกรรมในห้องปฏิบัติการที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 52 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบการสอน 5E และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีดั้งเดิม ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลการทดสอบก่อนเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน และ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลการทดสอบหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม ดังนั้นควรพัฒนาทักษะการออกแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 5E เพื่อใช้ในกิจกรรมการทดลองหรือการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการ

ฮาติส และ อินชิ (Hatice; & Inci, 2007, pp. 120-123) ได้เปรียบเทียบวิธีการสอนแบบสืบเสาะ 5E กับวิธีการสอนแบบดั้งเดิม และศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ที่มีต่อเจตคติในการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องกรด-เบส พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะ 5E มีเจตคติเชิงบวกและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องกรด-เบส มากกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนดั้งเดิม และ 2) วิธีการสอนแบบสืบเสาะ 5E มีประสิทธิภาพมากกว่าวิธีการสอนแบบดั้งเดิม

ออง และคนอื่น ๆ (Ong et al., 2020, pp. 1-10) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E กับนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

5E มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบดั้งเดิม จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในแง่ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากข้อมูลสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง เช่น การทดลอง นอกจากนี้การเสริมกิจกรรม 4S (Search Select Solve Share) ช่วยให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างเป็นขั้นตอน เพราะมีขั้นตอนที่ง่ายต่อการจำ ไม่ซับซ้อน ช่วยให้นักเรียนเข้าใจ และการจัดกิจกรรมกลุ่มจะช่วยให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการหาคำตอบของโจทย์ปัญหาจากประสบการณ์ และการฝึกฝนจะช่วยให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาที่หลากหลายได้

7.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS

ศุภการณ์ ปลาสุวรรณ (2561, น. 3373-3383) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS จากโรงเรียนชลกัลยานุกูล จำนวน 35 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบ SSCS แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี พบว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบ SSCS ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงขึ้น เฉลี่ยร้อยละ 45.00 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง และส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงขึ้น เฉลี่ยร้อยละ 50.84 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง และยังพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ส่งผลให้เจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.54 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับที่ดี

จันจิรา จุลรังสี (2558, น. 117-130) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนโดยชุดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องโมล ด้วยวิธีการสอนแบบ SSCS จากโรงเรียนทุ่งกะโล่วิทยา จำนวน 24 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียน เรื่องโมล โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้น พบว่า คะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากชุดกิจกรรมที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีลำดับขั้นตอนการเรียนรู้

และการประเมินที่ชัดเจน โดยนักเรียนทุกคนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์กำหนดให้ และสิ่งที่โจทย์ต้องการหา (Search: S) ในขั้นนี้นักเรียนจะได้คะแนนเต็ม ทำให้นักเรียนมีความมั่นใจ กล้าคิดหาคำตอบด้วยวิธีการของตนเอง (Solve: S) นักเรียนมีความสุขในการสร้างสรรค์ความเข้าใจจากการเรียนรู้ตามจินตนาการของตนเอง (Creat: C) เช่น วาดภาพ แต่งกลอน ผังมโนทัศน์ และสามารถแลกเปลี่ยนเรียนรู้ สื่อสารสิ่งที่ตนเองเข้าใจกับผู้อื่นได้ (Share: S) เพื่อฝึกทักษะการสื่อสาร ทำให้นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้

รจนา ต่อน้อง (2561, น. 13-25) ได้เปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา กับแบบปกติ จำนวน 41 คน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ลีอา และ บันก้า (Lia; & Bunga, 2014, pp. 315-322) ได้เปรียบเทียบทักษะการคิดเชิงตรรกะทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหา SSCS กับนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบเดิม โดยมีนักเรียนจำนวน 68 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยแนวทางการแก้ปัญหา SSCS มีทักษะการคิดเชิงตรรกะทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบเดิม

เบอฮานูดิน และคนอื่น ๆ (Burhanudin et al., pp. 112-123) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS (Search, Solve, Create and Share) ที่มีต่อทักษะการคิดวิเคราะห์ เรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอนและปิโตรเลียม กลุ่มตัวอย่างแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการค้นหา การแก้ปัญหา การสร้างคำตอบ และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (SSCS) ส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

นาสตีติ และคนอื่น ๆ (Nastiti et al., 2018, pp. 1-7) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ด้วย SSCS (Search, Solve, Create and Share) ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นการทดลองแบบกึ่งทดลอง มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วย SSCS มีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

จากข้อมูลสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS (Search, Solve, Create และ Share) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการค้นหา (Search: S)

การแก้ปัญหา (Solve: S) การสร้างคำตอบ (Create: C) และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ทั้งในรายวิชาเพิ่มเติมเคมี และรายวิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากเทคนิค SSCS มีลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ที่ชัดเจน ทำให้นักเรียนสามารถระบุสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถามได้ ทั้งยังส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความมั่นใจ สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง และฝึกทักษะการสื่อสารจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ นอกจากนี้ ยังพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดเชิงตรรกะทางคณิตศาสตร์ รวมทั้งเจตคติต่อวิชาเคมีด้วย

7.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา

ประสิทธิ์ ศรีกุลวงษ์ (2554, น. 57-62) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนด้วยแบบฝึกการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณ จากโรงเรียนบ้านนายเหวียน จำนวน 30 คน ใช้สถิติ t-test ในการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ที่ได้รับการสอนด้วยแบบฝึกการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ 2) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณของนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยแบบฝึกการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วรทยา มณีรัตน์ (2560, น. 297-306) ได้พัฒนาทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหา วิชาเคมี เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยา เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส ที่จัดการเรียนรู้ด้วยห้องเรียน กลับทาง แบบวัดทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่องกรด-เบส และสื่อออนไลน์ Class Strat.org ผลการศึกษา พบว่า ทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มูฮัมหมัด และคนอื่น ๆ (Muhammad et al.; & 2020, pp. 309-317) ได้เปรียบเทียบ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ SSCS (Search, Solve, Create และ Share) กับนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบเดิม ในนักเรียน มัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนรู้ SSCS (Search, Solve, Create และ Share) มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ เรียนด้วยรูปแบบเดิม

จากข้อมูลสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาสามารถพัฒนาได้จากการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยนักเรียนจะต้องมีความเข้าใจแต่ละขั้นตอนของการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหามีหลายรูปแบบ แต่ละรูปแบบจะมีลักษณะที่คล้ายกันคือ ในขั้นแรกจะเริ่มจากการวิเคราะห์โจทย์ ขั้นตอนถัดมาเป็นการวางแผน เพื่อหาวิธีในการแก้โจทย์ปัญหา ต่อด้วยขั้นตอนการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา ตามแผนการที่วางไว้ และขั้นสุดท้ายเป็นขั้นตอนการตรวจสอบผลลัพธ์

7.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมฤดี เลี่ยมทอง (2557, น. 64-70) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) และเพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ (5E) กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 44 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้นมี 5 แนวทาง ได้แก่ 1) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ 2) ให้นักเรียนได้นำเสนอผลการทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนความรู้ 3) นักเรียนเรียนรู้ผ่านการสาธิต 4) ฝึกให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม และ 5) ฝึกให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ โดยการถามคำถาม

สุรวิทย์ พลมณี (2558, น. 60-70) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสร้างโมเดลพหุระดับนักเรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน คือ ปัจจัยระดับนักเรียน ประกอบด้วยแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียน และพฤติกรรมของนักเรียน

เซนอล และ ออสเคย์ (Senol; & Ozge, 2016, pp. 1-9) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E ที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาเคมี รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาปริญญาตรี จำนวน 34 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ส่วนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย โดยมีผู้สอนคนเดียวกันและใช้เนื้อหาเดียวกัน มีการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ผลการศึกษพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนมากกว่าก่อนเรียนและมากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัด

การเรียนรู้แบบบรรยาย และ 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5E และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายมีเจตคติต่อวิชาเคมีไม่แตกต่างกัน

จากข้อมูลสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจค้นหาและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเพิ่มเติมเคมีได้ โดยมีแนวทางในการจัดกิจกรรม คือ จัดกิจกรรมให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน เรียนรู้ผ่านการสาธิต เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผลงาน และแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกับเพื่อนนักเรียนและครู สนับสนุนให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม และถามคำถามเพื่อฝึกให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังพบปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน คือ ปัจจัยระดับนักเรียน ประกอบด้วยแรงจูงใจในการเรียนของนักเรียน และพฤติกรรมของนักเรียน

7.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้

เทวันธร ชันเนียง (2560, น. 70-83) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ประกอบหนังสือส่งเสริมการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น และเพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ ผลการศึกษาพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ประกอบหนังสือส่งเสริมกิจกรรมการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มีความคงทนในการเรียนรู้

ฮาเก็น (Hargen, 2000, pp. 1441-1444) ได้ทำการศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ โดยทำการสอนเป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ และทำการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้ง ซึ่งมีทั้งการทดสอบภายในห้องเรียน และให้นักกลับไปทำที่บ้าน ผลการศึกษาพบว่า ประสิทธิภาพความคงทนในการเรียนรู้เพิ่มขึ้นร้อยละ 20 นอกจากนี้ยังพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคงทนในการเรียนรู้ คือ ความเข้าใจของครูผู้สอนต่อนักเรียน โดยครูควรปรับเปลี่ยนบรรยาย เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมด

ฟาซีเลีย น และ คนอื่น ๆ (Fazelian et al., 2010, pp. 140-143) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ที่มีต่อการเรียนรู้ และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้น

มัธยมศึกษาตอนต้น ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบ 5E ช่วยพัฒนาการเรียนรู้ และความคงทนในการเรียนรู้ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีนัยสำคัญ

จากข้อมูลสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วย 5 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจค้นหาและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) ทำให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ช่วยพัฒนาให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความคงทนในการเรียนรู้ได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเกิดความจำ และควรทดสอบโดยใช้แบบวัดหรือแบบทดสอบ ซึ่งจำนวนครั้งในการทดสอบควรมากกว่าการทดสอบเพียงก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อประเมินผลว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้จากเรื่องที่ไปแล้วหรือไม่ นอกจากนี้ยังพบว่า ครู คือ ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนั้นครูควรปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนรู้ โดยลดการจัดการเรียนรู้รูปแบบบรรยาย และควรมีความเข้าใจต่อนักเรียน



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาค้นคว้านี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. การกำหนดประชากรและการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. การกำหนดแบบแผนการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการวิจัย
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน โดยมีนักเรียน 49 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนหนองไผ่แก่นวิทยา

กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนหนองไผ่แก่นวิทยา ตำบลหนองไผ่แก่น อำเภอแปลงยาว จังหวัดฉะเชิงเทรา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาฉะเชิงเทรา ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 25 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยมีหน่วยการสุ่มแบบห้องเรียน ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่มีคะแนนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร ต่ำกว่าร้อยละ 40 จากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2562 ขณะนักเรียนอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และนักเรียนส่วนใหญ่มีอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหา คือ ไม่สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่โจทย์กำหนดมาให้ได้ จึงไม่ทราบว่าควรเริ่มแก้โจทย์ปัญหาอย่างไร ทำให้ขาดความมั่นใจในการเลือกวิธีการและการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์

การกำหนดแบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบการทดลองขั้นต้น (Pre-Experimental Designs) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง เป็นกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS โดยมีรูปแบบแผนการวิจัยดังตาราง 9 ดังนี้

ตาราง 9 แบบแผนการวิจัย One Group Pretest-Posttest Designs

กลุ่ม	สอบก่อนเรียน	การทดลอง	สอบหลังเรียน	สอบหลังเรียน 2 สัปดาห์
E	T ₁	X	T ₂	T ₃

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการวิจัย

E แทน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

T₁ แทน การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test) ด้วยแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ฉบับที่ 1 และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 1

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

T₂ แทน การทดสอบหลังการทดลอง (Post-test) ด้วยแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ฉบับที่ 2 และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 2

T₃ แทน การทดสอบหลังการทดลอง 2 สัปดาห์ ด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 3

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยวางแผนการสร้างเครื่องมือในการวิจัย โดยมีเครื่องมือ 3 ชนิด ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์
2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี
3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์

ผู้วิจัยจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีขั้นตอนการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ดังนี้

1.1 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมถึงตำราวารสารการนำเสนอทางวิชาการต่าง ๆ และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เพื่อใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ศึกษาและทำความเข้าใจแนวทางการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิค SSCS ประกอบด้วยขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหาที่สำคัญ 4 ขั้นตอน

1.3 วิเคราะห์และออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

1.4 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) หลักสูตรสถานศึกษา และคำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม เคมี 2 เพื่อออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เหมาะสม ดังตาราง 10

ตาราง 10 สารการเรียนรู้เพิ่มเติม เรื่องปริมาณสัมพันธ์

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด	- ปฏิกิริยาเคมี เป็นการเปลี่ยนแปลงที่มีสารใหม่เกิดขึ้นจากการจัดเรียงตัวใหม่ของอะตอมธาตุ โดยจำนวนและชนิดของอะตอมธาตุไม่เปลี่ยนแปลง ปฏิกิริยาเคมีเขียนแสดงได้ด้วยสมการเคมี ซึ่งประกอบด้วยสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ ลูกศรแสดงทิศทางของการเกิดปฏิกิริยา และเลขสัมประสิทธิ์ของสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์ที่ดุลแล้ว นอกจากนี้อาจมีสัญลักษณ์แสดงสถานะของสาร หรือปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องในการเกิดปฏิกิริยาเคมี - การดุลสมการเคมีทำได้โดยการเติมเลขสัมประสิทธิ์หน้าสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน

ตาราง 10 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
2. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับมวลสาร	- การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีมีความสัมพันธ์กันตามเลขสัมประสิทธิ์
3. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้นของสารละลาย	ในสมการเคมี ซึ่งบอกถึงอัตราส่วนโดยโมลของสารในปฏิกิริยา สามารถนำมาใช้
4. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส	ในการคำนวณปริมาณของสารที่เกี่ยวข้องกับมวล ความเข้มข้นของสารละลาย และปริมาตรของแก๊ส
5. คำนวณปริมาณของสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน	- ความสัมพันธ์ของโมลสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอนพิจารณาได้จากเลขสัมประสิทธิ์ของสมการเคมีรวม
6. ระบุสารกำหนดปริมาณและคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ในปฏิกิริยาเคมี	- ปฏิกิริยาเคมีที่สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาไม่พอดีกัน สารตั้งต้นที่ทำปฏิกิริยาหมดก่อน เรียกว่าสารกำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นและปริมาณสารตั้งต้นอื่นที่ทำปฏิกิริยาไปเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา
7. คำนวณผลได้ร้อยละของผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมี	- ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจริงในปฏิกิริยาเคมีส่วนใหญ่มีปริมาณน้อยกว่าที่คำนวณได้ตามทฤษฎี ซึ่งค่าเปรียบเทียบผลได้จริงกับผลได้ตามทฤษฎีเป็นร้อยละ เรียกว่าผลได้ร้อยละ

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. หน้า 197-198.

1.5 ศึกษาและทำความเข้าใจรายละเอียดของเนื้อหา จากแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติม เคมี 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เรื่องปริมาณสัมพันธ์ โดยเนื้อหาในบทเรียนแบ่งออกเป็น 5 เรื่องย่อย ได้แก่ 1) ปฏิริยาเคมี 2) สมการเคมี 3) การคำนวณปริมาณสารในปฏิริยาเคมี 4) สารกำหนดปริมาณ และ 5) ผลได้ร้อยละ จากนั้นแบ่งเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.6 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นระยะเวลา 6 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน รวม 18 คาบเรียน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS การวัดและประเมินผล สื่อและอุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

ตาราง 11 หัวข้อแผนการจัดการเรียนรู้และเวลาที่ใช้

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	เรื่อง	ลักษณะโจทย์ปัญหา ทางเคมี	เวลา (คาบเรียน)
1	ปฏิริยาเคมีและสมการเคมี	โจทย์ระบุสถานการณ์ ชื่อธาตุหรือชื่อสารประกอบ และผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น แล้วให้นักเรียนเขียนและดุลสมการเคมี	3
2	การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับมวล	โจทย์ระบุสถานการณ์หรือปฏิริยาเคมี และโมลหรือมวลของสาร A แล้วให้นักเรียนเขียนและดุลสมการเคมี และเปลี่ยนจากโมลหรือมวลของสาร A เป็นมวลของสาร B	2
3	การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น	โจทย์ระบุสถานการณ์หรือปฏิริยาเคมี และปริมาตรและความเข้มข้นของสาร A แล้วให้นักเรียนเขียนและดุลสมการเคมี และหาความเข้มข้นของสาร B	2

ตาราง 11 (ต่อ)

แผนการจัด การเรียนรู้ที่	เรื่อง	ลักษณะโจทย์ปัญหา ทางเคมี	เวลา (คาบเรียน)
4	การคำนวณปริมาณสารที่ เกี่ยวข้องกับแก๊ส	โจทย์ระบุสถานการณ์ที่ STP และ ปริมาตรของสาร A แล้วให้นักเรียน เขียนและดุลสมการเคมี และ เปลี่ยนปริมาตรของสาร A เป็น ปริมาตรของสาร B	3
5	การคำนวณปริมาณสารใน ปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน	โจทย์ระบุสถานการณ์ ปฏิกิริยา เคมีหลายขั้นตอน และมวลของ สาร A แล้วให้นักเรียนดุลและรวม สมการเคมี และเปลี่ยนจากมวล ของสาร A เป็นมวลของสาร B	2
6	สารกำหนดปริมาณ	โจทย์ระบุสถานการณ์ ปฏิกิริยา เคมี และโมลหรือมวลของสาร A ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับโมลหรือมวล ของสาร B แล้วให้นักเรียนหาสาร กำหนดปริมาณ จำนวนโมลหรือ มวลของสารที่เหลือ และมวลหรือ ปริมาตรของสาร C ที่เกิดขึ้น	3
7	ผลได้ร้อยละ	โจทย์ระบุสถานการณ์หรือ ปฏิกิริยาเคมี มวลของสารตั้งต้น A มาทำปฏิกิริยากับสารตั้งต้น B ที่มากเกินไป และมวลของสาร ผลิตภัณฑ์ C แล้วให้นักเรียน หามวลของผลิตภัณฑ์ C ตามทฤษฎี และหาผลได้ร้อยละ	3
รวมจำนวนคาบเรียน			18

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 7 แผน ให้ผู้เชี่ยวชาญ
ด้านการจัดการเรียนรู้เคมี จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรง ความถูกต้องของสาระ
การเรียนรู้ ความเหมาะสมของการจัดกิจกรรม และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำแผนการจัดการเรียนรู้

มาปรับปรุงแก้ไข โดยเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินคือ แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Item-Objective Congruence Index: IOC) มีค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้

คะแนน	ระดับความคิดเห็นในการประเมิน	
+1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 1.00 (ภาคผนวก ค) ซึ่งถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่ต้องการวัด และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อความสมบูรณ์และเหมาะสมยิ่งขึ้น โดยผู้วิจัยดำเนินการแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- 1) ปรับลำดับขององค์ประกอบในแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม
- 2) ตรวจสอบความถูกต้องของการเฉลยโจทย์ปัญหาทางเคมี
- 3) ตกแต่งใบกิจกรรมให้สวยงาม น่าสนใจ

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับมวล แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส ไปทดลองนำร่องกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/2 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา จำนวน 24 คน พบว่า มีข้อควรระวัง ดังนี้

1) ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีการทดลอง เป็นกิจกรรมที่อาจใช้เวลาเกินจากที่กำหนด ครูต้องจัดเตรียมสารเคมีและอุปกรณ์ให้พร้อม มีใบกิจกรรมที่สามารถให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองได้ โดยไม่ต้องเสียเวลาในการเขียนเอง และควรเปิดวิดีโอสาธิตการทดลอง

ก่อนให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ เพราะจะทำให้นักเรียนเข้าใจวิธีการทำการทดลองเป็นขั้นตอนรวดเร็วกว่าครูอธิบาย

2) เนื้อหาเคมีเชิงคำนวณเป็นเนื้อหาที่ค่อนข้างยาก นักเรียนแต่ละคนใช้เวลาในการแก้โจทย์ปัญหาไม่เท่ากัน นักเรียนบางคนแก้โจทย์ปัญหาได้เร็วเนื่องจากมีพื้นฐานในการคำนวณที่ดี นักเรียนบางคนแก้โจทย์ปัญหาได้ช้าเนื่องจากขาดพื้นฐานในการคำนวณ เช่น การเทียบบัญญัติไตรยางศ์หรือการเปลี่ยนหน่วย ครูต้องใช้คำถามจากง่ายไปหายาก และควรให้นักเรียนบันทึกคำตอบที่นักเรียนตอบทุกครั้งหรือจดแผนภาพการเปลี่ยนหน่วยไว้บนกระดานเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพง่ายขึ้น

1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วมาจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา

2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี

แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ เป็นข้อสอบคู่ขนาน จำนวน 2 ฉบับ แต่ละฉบับประกอบด้วยข้อสอบอัตนัย เรื่องละ 1 ข้อ ได้แก่ 1) ปฏิกริยาเคมี 2) สมการเคมี 3) การคำนวณปริมาณสารในปฏิกริยาเคมี 4) สารกำหนดปริมาณ และ 5) ผลได้ร้อยละ รวมทั้งหมด 5 ข้อ โดยมีขั้นตอนการสร้าง และตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อวิเคราะห์โจทย์ปัญหา เรื่องปริมาณสัมพันธ์

2.2 ศึกษาเทคนิคในการสร้างข้อสอบจากหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสอบ การวัดผลและประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี

2.3 ศึกษาองค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ได้แก่ คือ 1) การค้นหาข้อมูล 2) การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล 3) การเลือกวิธีการ และ 4) การคิดคำนวณ เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี

2.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยศึกษาเกณฑ์และแนวทางการประเมินแบบอิงเกณฑ์รูบริคส์ และสังเคราะห์เกณฑ์การให้คะแนนตามแนวคิดของ Ray (2001) ซึ่งเป็นแบบ

รูบรีคส์แยกองค์ประกอบ (Analytic Scoring Rubric) โดยกำหนดระดับการให้คะแนนในแต่ละข้อ เป็น 3 ระดับ คือ 2, 1 และ 0 ตามองค์ประกอบของความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ดังตาราง 12

ตาราง 12 เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี

องค์ประกอบของ ความสามารถ ในการแก้โจทย์ ปัญหาทางเคมี	ระดับคะแนน		
	2	1	0
1. การค้นหาข้อมูล	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบ ได้แก่ - จำแนกข้อมูลที่โจทย์ให้ และข้อมูลที่โจทย์ถามได้ ถูกต้อง ครบถ้วน - ค้นหาข้อมูลที่ขาดหายได้ ถูกต้อง ครบถ้วน	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่สมบูรณ์ หรือ แสดง 1 ใน 2 องค์ประกอบ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดง ทั้ง 2 องค์ประกอบ
2. การหา ความสัมพันธ์ของ ข้อมูล	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบ ได้แก่ - ระบุแนวคิดที่ใช้ในการ แก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง - ระบุแฟกเตอร์ที่ใช้ในการ แก้โจทย์ปัญหาได้ถูกต้อง ครบถ้วน	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่สมบูรณ์ หรือ แสดง 1 ใน 2 องค์ประกอบ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดง ทั้ง 2 องค์ประกอบ
3. เลือกหาวิธีการ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบ ได้แก่ - เลือกวิธีการที่ใช้ในการ แก้โจทย์ปัญหาได้ เหมาะสม - ดำเนินการแก้โจทย์ ปัญหาตามวิธีที่เลือกได้ ถูกต้อง	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่สมบูรณ์ หรือ แสดง 1 ใน 2 องค์ประกอบ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดง ทั้ง 2 องค์ประกอบ

ตาราง 12 (ต่อ)

องค์ประกอบของ ความสามารถใน การแก้ไข ปัญหาทางเคมี	ระดับคะแนน		
	2	1	0
4. การคิดคำนวณ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบ ได้แก่ - ระบุคำตอบที่โจทย์ ต้องการได้ถูกต้อง - สามารถตัดหน่วยและ สรุปหน่วยที่โจทย์ต้องการ ได้ถูกต้อง	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่สมบูรณ์ หรือ แสดง 1 ใน 2 องค์ประกอบ	ครบทั้ง 2 องค์ประกอบแต่ ไม่ถูกต้อง หรือ ไม่แสดง ทั้ง 2 องค์ประกอบ

2.5 กำหนดเกณฑ์เฉลี่ยความสามารถในการแก้ไขปัญหาลงคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 60 ซึ่งอยู่ในระดับพอใช้ โดยพิจารณาจากเกณฑ์สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน ด้านที่ 3 ความสามารถในการแก้ปัญหา ที่ระบุในหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) (ฝ่ายบริหารวิชาการโรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา, 2563, น. 4) ดังตาราง 13

ตาราง 13 เกณฑ์คะแนนความสามารถในการแก้ไขปัญหาลงคะแนน

คะแนนเฉลี่ย	ระดับคุณภาพ
ตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป	ดีมาก
ร้อยละ 70 - 79	ดี
ร้อยละ 50 - 69	พอใช้
ต่ำกว่าร้อยละ 50	ปรับปรุง

ที่มา: โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา. (2563). หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560). หน้า 124.

2.6 สร้างแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 2 ฉบับ ในลักษณะคู่ขนาน ฉบับละ 10 ข้อ แบบอัตนัย

2.7 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ฉบับ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.8 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีทั้ง 2 ฉบับ ที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญและชำนาญในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติมเคมี จำนวน 3 คน พิจารณาความเหมาะสมของโจทย์ปัญหาที่ใช้ การใช้คำถาม ภาษาที่ใช้ เนื้อหา เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Item-Objective Congruence Index: IOC) ซึ่งมีค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้

คะแนน	ระดับความคิดเห็นในการประเมิน	
+1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีฉบับที่ 1 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 และฉบับที่ 2 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.67 – 1.00 (ภาคผนวก ค) ซึ่งถือว่าแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ตามที่ต้องการวัด และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ โดยได้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญให้ปรับปรุงเกี่ยวกับคำตอบอะตอมที่โจทย์ให้ คือ ให้ใส่คำตอบอะตอมในวงเล็บไว้ท้ายโจทย์แทน และทำให้เหมือนกันทุกข้อ

2.9 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีทั้ง 2 ฉบับ ที่จัดพิมพ์แล้ว ไปทดลองนำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา และโรงเรียนเศรษฐบุทรบำเพ็ญ ฉบับที่ 1 จำนวน 70 คน และฉบับที่ 2 จำนวน 72 คน รวมจำนวน 142 คน เนื่องจากนักเรียนกลุ่มดังกล่าวได้ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องปริมาณสัมพันธ์มาแล้ว และยังไม่ได้เรียนเนื้อหาใหม่ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปริมาณสัมพันธ์เพิ่มเติม อีกทั้งยังเป็นนักเรียนกลุ่มวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์

2.10 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ทั้ง 2 ฉบับ มาหาความเชื่อมั่นของเกณฑ์ในการตรวจข้อสอบอัตราจากผู้ตรวจ 2 คน (Rater Agreement Index, RAI) โดยให้ครูผู้สอนหรือรายวิชาเพิ่มเติมหรือรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีประสบการณ์สอนมากกว่า 5 ปี และเข้าใจเกณฑ์การตรวจและการให้คะแนนเป็นอย่างดี โดยฉบับที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.972 และฉบับที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.963 ซึ่งอยู่ในระดับสูง (มีค่าเข้าใกล้ 1) แสดงว่าผู้ประเมินทั้ง 2 คน ตรวจให้คะแนนใกล้เคียงกัน กล่าวคือ เกณฑ์การตรวจใช้ได้

2.11 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ มาวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือด้วยค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (Item-Analysis) โดยใช้เทคนิค 27% ของ จุง-เตห์-ฟาน หลังจากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ (r) 0.20 ขึ้นไป ทั้ง 2 ฉบับ จากฉบับละ 10 ข้อ คัดเลือกไว้ฉบับละ 5 ข้อ ซึ่งฉบับที่ 1 ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.229 – 0.504 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.536 - 0.842 ฉบับที่ 2 ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.236 - 0.632 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.426 - 0.930 (ภาคผนวก ค)

2.12 คำนวณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีทั้ง 2 ฉบับ โดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา (α - coefficient) โดยฉบับที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.816 และฉบับที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.722

2.13 นำแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ปรับปรุงแล้ว มาทดลองใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง โดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา

3. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ เป็นข้อสอบคู่ขนาน จำนวน 3 ฉบับ แต่ละฉบับประกอบด้วยข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยมีขั้นตอนการสร้าง และตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งเทคนิคและวิธีการเขียนข้อสอบปรนัย

3.2 ศึกษาหลักการและวิธีการสอน การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ และรายละเอียดของเนื้อหา เรื่องปริมาณสัมพันธ์ จากหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

3.3 กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยที่ต้องการวัดสำหรับสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ดังตาราง 14

ตาราง 14 จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยสำหรับการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

เนื้อหา	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย				จำนวนข้อ	ร้อยละ
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์		
1. ปฏิบัติเคมี	-	1	1	-	2	6.67
2. สมการเคมี	2	2	-	1	5	16.67
3. การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี	-	3	2	11	16	53.33
- การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับมวล						
- การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น						
- การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับปริมาตรแก๊ส						
- การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน						
4. สารกำหนดปริมาณ	-	1	-	3	4	13.33
5. ผลลัพธ์ร้อยละ	-	1	1	1	3	10
รวม	2	8	4	16	30	100

3.4 สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 3 ฉบับ ในลักษณะคู่ขนาน ฉบับละ 60 ข้อ แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยทั้ง 4 ด้าน ได้แก่ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์

3.5 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณ สัมพันธ์ ที่สร้างขึ้นทั้ง 3 ฉบับ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาโท เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา รวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

3.6 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณ สัมพันธ์ ทั้ง 3 ฉบับ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของข้อคำถามและตัวเลือก ความครอบคลุมเนื้อหาภาษาที่ใช้ ตลอดจนพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นครูที่มีความเชี่ยวชาญและชำนาญในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเพิ่มเติมเคมี โดยการประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Item-Objective Congruence Index: IOC) ให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินลงในแบบประเมินทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายข้อ ซึ่งค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้มีค่าประเมิน 3 ระดับ ดังนี้

คะแนน	ระดับความคิดเห็นในการประเมิน	
+1	หมายถึง	สอดคล้อง
0	หมายถึง	ไม่แน่ใจ
-1	หมายถึง	ไม่สอดคล้อง

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ทั้ง 3 ฉบับ ได้ค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 (ภาคผนวก ค) ซึ่งถือว่าแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ทั้ง 3 ฉบับ ที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ โดยได้คำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญ คือ ให้ลดปริมาณจำนวนข้อที่วัดด้านการจำ และให้เพิ่มจำนวนข้อที่วัดด้านการวิเคราะห์มากขึ้น และปรับปรุงการใช้คำถามให้เข้าใจง่ายมากขึ้น

3.7 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่จัดพิมพ์แล้วทั้ง 3 ฉบับ ไปทดลองนำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา โรงเรียนมัธยมวัดธาตุทอง และโรงเรียนวัดราชโอรส ฉบับที่ 1 จำนวน 70 คน ฉบับที่ 2 จำนวน 72 และฉบับที่ 3 จำนวน 75 คน รวม 217 คน เนื่องจากนักเรียนกลุ่มดังกล่าวได้ผ่านการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ มาแล้ว แต่ยังไม่ได้อ่านเนื้อหาใหม่ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องปริมาณสัมพันธ์เพิ่มเติม และเป็นนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เช่นเดียวกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำกระดาษคำตอบมาตรวจให้คะแนน โดยมีเกณฑ์การตรวจ ดังนี้

คะแนน 1 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบถูก

คะแนน 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 คำตอบ

3.8 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ มาวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือด้วยค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (Item-Analysis) โดยใช้เทคนิค 27% ของ จุง-เตห์-ฟาน หลังจากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) ระหว่าง 0.20 – 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ (r) 0.20 ขึ้นไป ทั้ง 3 ฉบับ จากฉบับละ 60 ข้อ คัดเลือกไว้ฉบับละ 30 ข้อ ซึ่งฉบับที่ 1 ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.300 – 0.757 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.229 - 0.690 ฉบับที่ 2 ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.264 - 0.597 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.246 - 0.695 และฉบับที่ 3 ได้ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.227 - 0.520 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.215 - 0.577 (ภาคผนวก ค)

3.9 คำนวณค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทั้ง 3 ฉบับ โดยคำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) ฉบับที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.802 ฉบับที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.849 และฉบับที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.779

3.10 นำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแล้ว มาทดลองใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา

การดำเนินการวิจัย

1.ก่อนการทดลอง

1.1 ชี้แจงบทบาทของผู้วิจัย บทบาทของนักเรียน และวิธีการจัดแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ตลอดจนเก็บข้อมูลพื้นฐานและสภาพปัญหาก่อนลงมือปฏิบัติ

1.2 ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ฉบับที่ 1 จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที และใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 1 จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที

1.3 ตรวจให้คะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ฉบับที่ 1 และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 1

2. ขณะทดลอง จัดการเรียนการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เรื่องปริมาณสัมพันธ์

2.2 ดำเนินการทดลองโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 – 7 ระยะเวลาในการสอน จำนวน 18 คาบเรียน โดยผู้วิจัยดำเนินการสอนเอง

3. หลังทดลอง

3.1 เมื่อสิ้นสุดการสอนทั้ง 7 แผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ฉบับที่ 2 จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลา 30 นาที และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับที่ 2 จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที โดยใช้เกณฑ์การตรวจฉบับเดิม

3.2 เมื่อสิ้นสุดการทดลองครบ 2 สัปดาห์ ทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) อีกครั้ง โดยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 3 จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที โดยใช้เกณฑ์การตรวจฉบับเดิม

3.3 นำคะแนนแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีทั้ง 2 ครั้ง คือ ก่อนเรียน และหลังเรียนที่ได้ มาวิเคราะห์ โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.4 นำคะแนนแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้ง 3 ครั้ง คือ ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 2 สัปดาห์ มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติ ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่

1.1 ค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean)

1.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

1.3 ร้อยละ (Percentage)

2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ ได้แก่

2.1 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Item-Objective Congruence Index: IOC) สำหรับการตรวจสอบความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์, แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2 ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบเป็นรายข้อ (Item-Analysis) โดยใช้เทคนิค 27% ของ จุง-เทรท์-ฟาน และหาความเชื่อมั่นของแบบวัด โดยใช้

สัมประสิทธิ์อัลฟา (α - coefficient) สำหรับแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี และการคำนวณจากสูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน สำหรับแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test for Dependent Samples

3.2 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้ t-test for One-Sample

3.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ t-test for Dependent Samples

3.4 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 โดยใช้ t-test for One-Sample

3.5 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่ 5 เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ โดยใช้ t-test for Dependent Samples



บทที่ 4

ผลการวิจัย

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการแปลความหมายของการวิเคราะห์ผลข้อมูลตามสมมติฐาน ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และกำหนดการแปลความหมายในการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลอง ดังนี้

$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย (Mean)
k	แทน	คะแนนเต็ม
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
t	แทน	การทดสอบสถิติ t-test
*	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
p	แทน	ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (Significance)
df	แทน	ขั้นของความอิสระ (Degree of Freedom)
n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยขอเสนอข้อมูลเป็น 5 ส่วน ดังนี้

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีระหว่างหลังเรียน กับก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 15
2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 16
3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 17
4. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 18
5. ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับหลังเรียน 2 สัปดาห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 19

1. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples) ดังตาราง 15

ตาราง 15 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียน

ตัวแปรที่ศึกษา	n	df	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
				$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาทางเคมี ภาพรวม	25	24	40	7.20	4.41	25.60	7.34	16.20*	.00
1. การค้นหาข้อมูล	25	24	10	2.76	1.51	7.24	1.67	14.38*	.00
2. การหาความสัมพันธ์ ของข้อมูล	25	24	10	2.00	1.53	6.76	1.81	15.50*	.00
3. การเลือกวิธีการ	25	24	10	1.48	1.00	6.20	2.02	14.12*	.00
4. การคิดคำนวณ	25	24	10	0.96	0.74	5.40	2.36	10.76*	.00

*p<.05

จากตาราง 15 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 1 และเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบพบว่า ทั้งองค์ประกอบการค้นหาข้อมูล การหาความสัมพันธ์ของข้อมูล การเลือกวิธีการ และการคิดคำนวณ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS พบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) โดยการทดสอบค่าที (t-test for One-Sample) ดังตาราง 16

ตาราง 16 เปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

ตัวแปรที่ศึกษา	n	df	k	เกณฑ์ร้อยละ 60	หลังเรียน		t	p
					$\bar{X}$	S.D.		
ความสามารถในการแก้ โจทย์ปัญหาทางเคมี ภาพรวม	25	24	40	24 คะแนน	25.60	7.34	1.09	.29
1. การค้นหาข้อมูล	25	24	10	6 คะแนน	7.24	1.67	3.72*	.00
2. การหาความสัมพันธ์ ของข้อมูล	25	24	10	6 คะแนน	6.76	1.81	2.10*	.05
3. การเลือกวิธีการ	25	24	10	6 คะแนน	6.20	2.02	0.50	.63
4. การคิดคำนวณ	25	24	10	6 คะแนน	5.40	2.36	-1.27	.22

*p<.05

จากตาราง 16 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในภาพรวมไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 2 และเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบพบว่า องค์ประกอบการค้นหาข้อมูล และการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนองค์ประกอบ การคิดคำนวณ และการเลือกวิธีการไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples) ดังตาราง 17

ตาราง 17 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับก่อนเรียน

ตัวแปรที่ศึกษา	n	df	k	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t	p
				$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ภาพรวม	25	24	30	7.44	2.27	16.20	4.27	13.34*	.00
1. การจำ	25	24	2	.76	.78	1.12	.33	2.57*	.02
2. การเข้าใจ	25	24	8	2.12	1.13	4.56	1.50	7.35*	.00
3. การประยุกต์ใช้	25	24	4	.64	.64	2.80	.50	12.70*	.00
4. การวิเคราะห์	25	24	16	3.92	1.29	7.72	2.65	7.76*	.00

*p<.05

จากตาราง 17 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 3 และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้าน พบว่า ทั้งด้านการจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) โดยการทดสอบค่าที (t-test for One-Sample) ดังตาราง 18

ตาราง 18 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

ตัวแปรที่ศึกษา	n	df	k	เกณฑ์ร้อยละ 60	หลังเรียน		t	p
					$\bar{X}$	S.D.		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ภาพรวม	25	24	30	18 คะแนน	16.20	4.27	-2.12*	.05
1. การจำ	25	24	2	1.2 คะแนน	1.12	.33	-1.21	.24
2. การเข้าใจ	25	24	8	4.8 คะแนน	4.42	1.63	-1.18	.25
3. การประยุกต์ใช้	25	24	4	2.4 คะแนน	2.73	.60	2.79*	.01
4. การวิเคราะห์	25	24	16	9.6 คะแนน	7.46	2.92	-3.74*	.00

*p<.05

จากตาราง 18 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่สอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 4 และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่า มีเพียงด้านการประยุกต์ใช้ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนด้านการวิเคราะห์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สำหรับด้านการจำและด้านการเข้าใจไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

5. ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับหลังเรียน 2 สัปดาห์

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องปริมาณสัมพันธ์ หลังเรียนและหลังเรียน 2 สัปดาห์ โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples) ดังตาราง 19

ตาราง 19 ศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ โดยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างหลังเรียนกับหลังเรียน 2 สัปดาห์

ตัวแปรที่ศึกษา	n	df	k	หลังเรียน		หลังเรียน 2 สัปดาห์		t	p
				$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนภาพรวม	25	24	30	16.20	4.27	16.32	4.35	0.23	.82
1. การจำ	25	24	2	1.12	.33	1.56	.51	4.34*	.00
2. การเข้าใจ	25	24	8	4.56	1.50	4.16	1.34	1.79	.09
3. การประยุกต์ใช้	25	24	4	2.80	.50	2.84	.55	0.371	.714
4. การวิเคราะห์	25	24	16	7.72	2.65	7.76	.51	0.12	.91

*p<.05

จากตาราง 19 แสดงว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในภาพรวมหลังเรียน 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างจากหลังเรียน กล่าวคือ นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานข้อที่ 5 และเมื่อพิจารณาในแต่ละด้านพบว่า ด้านการจำมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 2 สัปดาห์สูงกว่าหลังเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ส่วนด้านการเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน 2 สัปดาห์ไม่แตกต่างจากหลังเรียน กล่าวคือ นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ทั้งในด้านการจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ และการวิเคราะห์

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS กับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) 3) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS 4) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ร่วมกับเทคนิค SSCS กับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) และ 5) เพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS โดยมีสมมติฐาน ดังนี้

1) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

3) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนผ่านเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

5) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความคงทนในการเรียนรู้

แบบแผนที่ใช้ในการวิจัยเป็นการวิจัยการทดลองขั้นต้น (Pre-Experiment Design) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบ One-Group Pretest-Posttest Design ประกอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง

1 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนหนองไม้แก่นวิทยา จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน 25 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ซึ่งได้จากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยมีหน่วยการสุ่มเป็นห้องเรียน และใช้เวลาทดลอง 18 คาบ (ไม่รวมทดสอบก่อนเรียน 2 คาบ หลังเรียน 2 คาบ และหลังเรียน 2 สัปดาห์ 1 คาบ) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 7 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้องกับเนื้อหาการจัดการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ จำนวนคาบเรียน และการวัดและประเมินผลเท่ากับ 1.00

2) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 2 ฉบับ ฉบับละ 5 ข้อ ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีรายละเอียดคุณภาพแต่ละฉบับดังนี้

2.1) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ฉบับที่ 1 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องกับข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความเหมาะสมของภาษาเท่ากับ 1.00 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.229 – 0.504 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.536 - 0.842 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.816 โดยมีค่า RAI เท่ากับ 0.972

2.2) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ฉบับที่ 2 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องกับข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความเหมาะสมของภาษาอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.236 - 0.632 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.426 - 0.930 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.722 โดยมีค่า RAI เท่ากับ 0.963

3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ จำนวน 3 ฉบับ ฉบับละ 30 ข้อ ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีรายละเอียดคุณภาพแต่ละฉบับดังนี้

3.1) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ฉบับที่ 1 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องกับข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความเหมาะสม

ของภาษาอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.300 – 0.757 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.229 - 0.690 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.802

3.2) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ฉบับที่ 2 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องกับข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความเหมาะสมของภาษาอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.264 - 0.597 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.246 - 0.695 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.849

3.3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ฉบับที่ 3 ได้ค่าดัชนีความสอดคล้องกับข้อคำถามกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความเหมาะสมของภาษาอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง 0.227 - 0.520 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.215 - 0.577 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.779

สถิติพื้นฐานที่ใช้ ได้แก่ 1) ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) 2) ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) 3) ร้อยละ (Percentage) สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐาน ได้แก่ 1) t-test for Dependent Samples เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีก่อนเรียนและหลังเรียน เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และเพื่อศึกษาความคงทนในการเรียนรู้ และ 2) t-test for One-Sample เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 60

สรุปผลการวิจัย

1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

5) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความคงทนในการเรียนรู้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้และความคงทนในการเรียนรู้ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ 3 ประเด็น ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่ไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

1.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในทุก ๆ ขั้นตอนของการเรียนรู้ ดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนที่ผู้วิจัยให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียนก่อนที่จะเรียนรู้เนื้อหานั้น ๆ ในเชิงลึกขึ้น หรือทบทวนเพื่อนำความรู้พื้นฐานไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ในขั้นแรกผู้วิจัยจะกระตุ้นความสนใจของนักเรียนผ่านกิจกรรมการเล่นเกมน การดูคลิปวิดีโอ การสาธิตการทดลองง่าย ๆ หน้าชั้นเรียน หรือการถามคำถามจากประสบการณ์ของนักเรียน แล้วให้นักเรียนตอบคำถามเป็นลำดับ ตลอดจนแสดงความสนใจเรื่องที่กำลังจะเรียน หรือเกิดคำถามในประเด็นที่สงสัย ซึ่งนักเรียนชื่นชอบและกระตือรือร้นในการเล่นเกมนมากที่สุด เนื่องจากผู้วิจัยจะมีคะแนนสะสมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อเป็นแรงจูงใจในการเรียนด้วย

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบหรือลองมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลจากสิ่งที่นักเรียนสงสัยหรือสนใจในขั้นแรก โดยผู้วิจัยจะจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับเนื้อหา ถ้าเป็นเนื้อหาที่สามารถจัดกิจกรรมการทดลองได้ ควรจัดให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เพราะนักเรียนจะสามารถเชื่อมโยงแนวคิดจาก

การปฏิบัติการทดลองหรือผลการทดลองมาสู่การแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีได้ดี เช่น แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 แต่หากเป็นเนื้อหาที่ไม่สามารถจัดกิจกรรมการทดลองได้ ผู้วิจัยจะยกตัวอย่างสถานการณ์หรือยกตัวอย่างโจทย์ เพื่อให้นักเรียนศึกษา ค้นคว้า และสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ โดยในขั้นนี้ผู้วิจัยจะให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าหรือลงมือปฏิบัติเป็นกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนใช้กระบวนการกลุ่มในการแก้โจทย์ปัญหาสามารถปรึกษาร่วมกันได้เมื่อติดขัดหรือเกิดปัญหา มีกำลังใจ ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค และไม่รู้สึกลำบากตนเองเผชิญความยากในการแก้โจทย์ปัญหาเพียงลำพัง โดยผู้วิจัยจะสังเกตและฟังคำตอบของนักเรียน ตลอดจนให้คำปรึกษาแก่นักเรียน

3) ขั้นตอนอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้วิจัยจะอภิปรายข้อมูลที่ได้อธิบายซึ่งคำตอบร่วมกับนักเรียน โดยนำเสนอรูปแบบต่าง ๆ ได้แก่ การนำเสนอ การสร้างตารางเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือสรุปองค์ความรู้ในเรื่องที่ศึกษา โดยส่งเสริมให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นรอบคอบ สนับสนุนให้นักเรียนแสดงหลักฐานหรือให้เหตุผลประกอบ เพื่อให้นักเรียนอธิบายการแก้โจทย์ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ รวมทั้งฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อนหรือครูอธิบาย

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะเน้นให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้มาแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ให้นักเรียนได้อธิบาย โดยถามคำถาม เช่น นักเรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างหรือได้แนวคิดอะไร ให้นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายสถานการณ์เดิม ตลอดจนเลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหา และหาคำตอบที่ถูกต้อง โดยใช้เทคนิค SSCS ในการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

4.1) การค้นหา (Search: S) เป็นขั้นที่ผู้วิจัยให้นักเรียนค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้โจทย์ปัญหาหรือวิเคราะห์ประเด็นของโจทย์ปัญหา สามารถใช้องค์ความรู้จากเรื่องที่เรียนมาเชื่อมโยงสู่การแก้โจทย์ปัญหาได้ โดยผู้วิจัยจะช่วยนักเรียนแยกแยะประเด็นของปัญหา โดยใช้ชุดคำถาม ดังนี้ โจทย์ต้องการให้เราหาอะไร โจทย์ให้ข้อมูลอะไรที่จำเป็น เราต้องการทราบข้อมูลอะไรเพิ่มเติมบ้าง นักเรียนจะต้องค้นหาข้อมูลมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาให้ได้ ซึ่งอาจได้ข้อมูลจากการตอบคำถามหรือการระดมสมองกับเพื่อน ตลอดจนสามารถหาข้อมูลในการแก้โจทย์ปัญหาได้ครบถ้วนด้วยตนเอง

4.2) การแก้ปัญหา (Solve: S) เป็นขั้นที่ผู้วิจัยให้นักเรียนหาวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา และดำเนินการแก้โจทย์ปัญหาตามความถนัดของตนเอง ซึ่งวิธีที่ใช้

ในการคำนวณเพื่อแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี มี 3 วิธีหลัก ๆ คือ การใช้สูตร การเทียบบัญญัติไตรยางศ์ และการตัดหน่วย โดยวิธีที่นักเรียนนิยมใช้และเข้าใจมากที่สุดคือ การตัดหน่วย เพราะมีการเชื่อมโยงแนวคิด แล้วจึงระบุแฟกเตอร์ที่ใช้ เป็นการเปลี่ยนหน่วยอย่างมีขั้นตอน ไม่สับสน ไม่ต้องจำสูตร โดยผู้วิจัยคอยแนะนำนักเรียนในการแก้โจทย์ปัญหาแต่ละขั้นตอน โดยนักเรียนจะต้องนำข้อมูลที่ได้จากขั้นการค้นหา (Search: S) มาใช้ประกอบในการแก้โจทย์ปัญหา หากเกิดปัญหาระหว่างแก้โจทย์ปัญหา นักเรียนสามารถย้อนกลับไปขั้นการค้นหา (Search: S) ได้อีกหรืออาจปรับปรุงวิธีการแก้โจทย์ปัญหา

4.3) การสร้างคำตอบ (Create: C) ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะให้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม ช่วยกันสรุปวิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน เป็นการนำผลที่ได้มาจากการขั้นตอนการแก้โจทย์ปัญหามาสร้างคำตอบ โดยคำตอบนั้นจะต้องอยู่ในรูปที่ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ง่าย และสื่อสารกับคนอื่นได้ ผู้วิจัยเป็นผู้ตรวจสอบทั้งคำตอบและวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา เพื่อให้ นักเรียนสามารถนำประสบการณ์การแก้โจทย์ปัญหาไปประยุกต์ใช้ต่อไปในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์อื่น ๆ ที่ใกล้เคียง

4.4) การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) เป็นขั้นที่ผู้วิจัยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนออกมานำเสนอแลกเปลี่ยนคำตอบและวิธีการแก้โจทย์ปัญหา รวมทั้งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการแก้โจทย์ปัญหา เพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการแก้โจทย์ปัญหาที่ถูกต้อง และเข้าใจง่าย โดยผู้วิจัยอภิปรายร่วมกับนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดและวิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา รวมทั้งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้น สนับสนุนให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และรับฟังข้อแลกเปลี่ยนจากเพื่อนนักเรียน เพื่อให้นักเรียนได้วิเคราะห์วิธีการที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาของตนเองว่ามีความถูกต้องเหมาะสมหรือไม่ ในขั้นนี้นักเรียนแต่ละกลุ่มจะเห็นข้อปรับปรุงของตนเอง เช่น แนวคิดการเปลี่ยนหน่วยไม่ครบถ้วน ระบุแฟกเตอร์ผิด หรือลืมใส่หน่วย

5) ขั้นประเมินความรู้ (Evaluation) ผู้วิจัยประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ผ่านวิธีการต่าง ๆ ได้แก่ การตอบคำถาม การเล่นเกม ผู้วิจัยประเมินทั้งความรู้และทักษะของนักเรียน เพื่อตรวจสอบและประเมินว่าสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ถูกต้องหรือไม่ รวมทั้งให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้ และทักษะกระบวนการกลุ่ม เพื่อแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอด

นอกจากนี้การที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เป็นระยะเวลา 18 คาบต่อเนื่องกัน โดยนักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิม ก่อนเรียนเรื่องใหม่อย่างสม่ำเสมอ ได้ตั้งคำถามจากประเด็นที่นักเรียนสงสัยสู่การคาดคะเน

คำตอบ และลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ รวมทั้งได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองมาอภิปรายร่วมกันกับเพื่อน จนนำไปสู่ข้อสรุปที่เป็นองค์ความรู้ของเรื่องนั้น ๆ และสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีผ่านเทคนิค SSCS ได้ โดยการค้นหาข้อมูลจากโจทย์ปัญหา เลือกวิธีการแก้ปัญหา เขียนแนวคิด ระบุแฟกเตอร์ที่ใช้ และสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้ตามแนวคิดที่วางไว้ ตลอดจนสรุปคำตอบ และแลกเปลี่ยนวิธีการแก้โจทย์ปัญหาเป็นขั้นตอนที่เข้าใจง่าย โดยผู้วิจัยเป็นเพียงผู้กระตุ้นให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น ให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนเกิดปัญหา และสนับสนุนให้นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัทธนี แสงประสิทธิ์ (2558, น. 102-113) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่เสริมกิจกรรม 4S คือ 1) Search ให้นักเรียนหาสิ่งที่โจทย์บอกสิ่งที่โจทย์ถาม 2) Select การเลือกสูตรหรือสมการ 3) Solve การแทนค่าตัวเลขในสมการ และ 4) Share การอธิบายความหมายของตัวเลข ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางฟิสิกส์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ศุภการณ์ ปลาสุวรรณ (2561, น. 3373-3383) ที่พบว่า การจัดการเรียนรู้รูปแบบ SSCS เน้นให้นักเรียนวิเคราะห์ประเด็นปัญหา ออกแบบการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่หลากหลาย ดำเนินการแก้ปัญหา เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหาที่ถูกต้อง นำไปสู่การสรุปความรู้ นำเสนอความรู้ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ส่งผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาวិชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สูงขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 45.00 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS นั้น นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และนำองค์ความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี โดยเห็นได้จากการสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนจากการสัมภาษณ์ ดังนี้

“ได้ฝึกตีความโจทย์ปัญหา สามารถระบุสิ่งที่โจทย์ให้ และสิ่งที่โจทย์ถามได้”

(นักเรียนคนที่ 1)

“ผมชอบที่ได้เลือกวิธีการแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเอง อย่างวิธีที่ผมใช้บ่อย ๆ คือการเปลี่ยนหน่วยไปเรื่อย ๆ ผมชอบที่สามารถตัดหน่วยก่อนได้ แล้วค่อยนำตัวเลขที่เหลือมาคำนวณทีหลัง”

(นักเรียนคนที่ 2)

“ปกติเวลาเจอโจทย์ยาว ๆ หนูไม่อยากทำเลย เพราะรู้สึกว่ามันเยอะและยากแน่ ๆ แต่พอตอนทำโจทย์ ครูจะถามว่า สิ่งที่เราเจอคืออะไร สิ่งที่เราเจอคืออะไร หนูอ่านโจทย์แล้วหนูตอบได้ ทำให้หนูรู้สึกอยากแก้โจทย์ปัญหาให้ได้มากขึ้นอีก” (นักเรียนคนที่ 3)

1.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีไม่แตกต่างจากเกณฑ์ที่กำหนด

เนื่องจากก่อนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ผู้วิจัยไม่ได้ทำการวัดพื้นฐานการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อน เพราะการจะแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีได้นั้น จำเป็นต้องอาศัยทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การบวก ลบ คูณ หาร อัตราส่วนอย่างต่ำ สัมประสิทธิ์ เศษส่วน การเปลี่ยนหน่วย การตัดเลข/หน่วย การเทียบบัญญัติไตรยางค์ และร้อยละ โดยในแต่ละเรื่องย่อยจำเป็นต้องใช้ทักษะการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญ ดังนี้ 1) เรื่องปฏิกิริยาเคมีและเรื่องสมการเคมี ใช้ทักษะการบวก ลบ คูณ หาร อัตราส่วนอย่างต่ำ และสัมประสิทธิ์ 2) เรื่องการคำนวณปริมาณสารและเรื่องสารกำหนดปริมาณ ใช้ทักษะการเปลี่ยนหน่วย การตัดเลข/หน่วย การเทียบบัญญัติไตรยางค์ และเศษส่วน และ 3) เรื่องผลได้ร้อยละ ใช้ทักษะการตัดเลข/หน่วย เศษส่วน และร้อยละ ทำให้ผู้วิจัยไม่ทราบพื้นฐานการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคน โดยนักเรียนแต่ละคนอาจมีพื้นฐานการคำนวณทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับตาราง 15-16 พบว่า ในการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนมีความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีในทุกองค์ประกอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) พบว่า มีเพียงองค์ประกอบการคิดคำนวณเท่านั้นที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด จึงส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีได้อย่างสมบูรณ์ อาจทำให้เป็นข้อบกพร่องในงานวิจัยนี้ ซึ่งสอดคล้องกับ ดาสา (Dahsah, 2007 อ้างถึงใน จรรยา ดาสา, 2553, น. 44) ที่กล่าวถึงปัญหาที่เป็นอุปสรรคในการแก้โจทย์ปัญหาในวิชาเคมีคำนวณ คือ นักเรียนมีปัญหาในการคำนวณ สับสนในการตั้งค่า โดยเฉพาะการเทียบบัญญัติไตรยางค์ และการตัดหน่วย

นอกจากนี้ ถึงแม้ในขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ผู้วิจัยได้เน้นย้ำให้นักเรียนตรวจสอบวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและคำตอบที่ได้ในขั้น 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) โดยในขั้น 1 การค้นหา (Search: S) นักเรียนจะต้องค้นหาข้อมูลที่โจทย์ให้ ข้อมูลที่โจทย์ต้องการ และข้อมูลที่ขาดหาย แล้วหาความสัมพันธ์ของข้อมูลผ่านการระบุแนวคิด หากพบปัญหาระหว่างการดำเนินการแก้โจทย์ปัญหา หรือยังค้นหาข้อมูลไม่ครบถ้วน นักเรียนสามารถย้อนกลับไปขั้น 1 การค้นหา (Search: S) เพื่อค้นหาข้อมูลเพิ่มเติมได้ ทำให้นักเรียนได้ตรวจสอบคำตอบที่ได้และ

วิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างสม่ำเสมอ แต่ในแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ในข้อคำถามแต่ละเรื่องย่อยนั้น ผู้วิจัยระบุคำถามเพียงแนวคิด วิธีทำ และคำตอบ ไม่ได้ระบุคำถามเกี่ยวกับการตรวจสอบคำตอบที่ได้และวิธีการแก้โจทย์ปัญหา อาจทำให้นักเรียนลืมและไม่ได้ตรวจสอบคำตอบที่ได้และวิธีการแก้โจทย์ปัญหาอย่างละเอียด รอบคอบ ถือเป็นข้อบกพร่องในงานวิจัยนี้อีกประการหนึ่ง ซึ่งสอดคล้องกับ ประสิทธิ์ ศรีกุลวงษ์ (2554, น. 59-62) ที่กล่าวว่า การตรวจสอบผลลัพธ์ ช่วยให้นักเรียนทราบข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจเกิดจากความสะเพร่า ผิดเพี้ยน ในระหว่างการแก้โจทย์ปัญหา ทำให้นักเรียนสามารถแก้ไขข้อบกพร่องนั้นได้ด้วยตนเอง และเกิดความระมัดระวังในการแก้โจทย์ปัญหาในข้ออื่น ๆ มากยิ่งขึ้น

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

2.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มุ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือปฏิบัติ เพื่อให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ในเรื่องที่เรียน และสามารถนำความรู้ที่ได้นั้นมาเป็นแนวคิดในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีได้ กล่าวคือ การที่นักเรียนจะแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีได้นั้น นักเรียนจำเป็นต้องอาศัยแนวคิดที่ถูกต้องจากเรื่องที่เรียน ซึ่งสอดคล้องกับ บาร์วูดี้ (Baroody, 1993, pp. 8-10) ที่กล่าวถึงองค์ประกอบหลักของการแก้ปัญหา 3 ประการ คือ 1) องค์ประกอบด้านความรู้ความคิด (Cognitive Factor) ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับมโนคติ และยุทธวิธีในการแก้ปัญหา 2) องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Factor) เป็นแรงขับภายในตนเองที่เกิดจากความพยายามและความมุ่งมั่นที่จะแก้ปัญหา และ 3) องค์ประกอบด้านการสังเคราะห์ความคิด (Metacognitive Factor) เป็นกระบวนการคิด วิเคราะห์และแยกแยะว่า สามารถนำอะไรมาแก้ปัญหาได้บ้าง ดังนั้นการฝึกแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีจึงช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติด้วยตนเอง เช่น การปฏิบัติการทดลอง ที่ฝึกให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน การศึกษาวิธีการทดลอง การบันทึกผลการทดลอง การสรุปผลการทดลอง และการอภิปรายผลการทดลองร่วมกัน ทำให้นักเรียนเกิดทักษะในการคิด การแก้ปัญหา การใช้อุปกรณ์ ตลอดจนสามารถสรุปองค์ความรู้จากผลการทดลองได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัทธกร ยิ่งยงยุทธ (2560, น. 82-88) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

เน้นให้นักเรียนได้ฝึกลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยเห็นได้จากการสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนจากการสัมภาษณ์ของนักเรียน ดังนี้

“การทดลองทำให้ผมเข้าใจเนื้อหามากขึ้น และผมชอบเวลาที่ได้ทดลองกับเพื่อน ๆ รู้สึกสนุก” (นักเรียนคนที่ 4)

“ตอนแรกหนูไม่มั่นใจเวลาทำการทดลอง เพราะกลัวใส่สารผิด กลัวทำอุปกรณ์แตก แต่ครูก็เปิดคลิปวิดีโอสาธิตการทดลองให้ดูก่อน ทำให้หนูรู้สึกมั่นใจมากขึ้น การทดลองไหนที่กลุ่มหนูทำแล้วประสบผลสำเร็จ หนูก็ยังมีความตั้งใจเรียน” (นักเรียนคนที่ 5)

ในขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้มาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นถึงแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาผ่านการนำเสนอ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ ตลอดจนได้ข้อสรุป องค์ความรู้ และแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาอย่างถูกต้อง ครบถ้วน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมฤดี เลี่ยมทอง (2557, น. 64-70) ที่กล่าวถึงแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหามากยิ่งขึ้น คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียน เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผลการทำกิจกรรมแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างนักเรียนกับนักเรียน และครูกับนักเรียน เน้นการทำงานเป็นกลุ่ม ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60)

เนื่องจากในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนทบทวนความรู้จากเรื่องที่เรียนไปแล้วผ่านกิจกรรมการเล่นเกมน การตอบคำถาม หรือการใช้แอปพลิเคชันภายในเวลาที่จำกัดเพียง 10-15 นาที อาจทำให้นักเรียนมีเวลาไม่มากพอในการระลึกถึงสิ่งที่เรียนไปแล้วได้อย่างครบถ้วน นอกจากนี้ในขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนนำความรู้จากเรื่องที่เรียนมาใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีด้วยเทคนิค SSCS โดยในขั้น 1 การค้นหาข้อมูล (Search: S) และขั้น 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) นักเรียนจะต้องทำความเข้าใจและวิเคราะห์โจทย์ปัญหา เพื่อค้นหาข้อมูลถึงสิ่งที่โจทย์ให้และสิ่งที่โจทย์ถาม รวมทั้งการระบุแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหา ซึ่งใน 2 ขั้นนี้นักเรียนจะต้องลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง แต่เนื่องจากนักเรียนนั่งเรียนเป็นกลุ่มตามโต๊ะปฏิบัติการ ทำให้ผู้วิจัยไม่สามารถสอดส่องพฤติกรรมนักเรียนได้อย่างทั่วถึง อาจทำให้นักเรียนไม่ได้ทำความเข้าใจและวิเคราะห์โจทย์ปัญหา

ด้วยตนเองทั้งหมดอย่างเต็มที่ ซึ่งสอดคล้องกับตาราง 17-18 พบว่า ในการวิจัยครั้งนี้ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในทุกระดับชั้นการวัดของบลูมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน แต่เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 60) พบว่า มีเพียงชั้นการวิเคราะห์เท่านั้นที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อาจทำให้เป็นข้อบกพร่องในงานวิจัยครั้งนี้ ซึ่งสอดคล้องกับ เดวิส (Devis, 1977, p. 50) ที่ศึกษาเกี่ยวกับสิ่งที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประการหนึ่ง คือ การใช้เวลาของนักเรียนในการทบทวนและเรียนรู้อย่างเต็มที่ที่จะส่งผลให้นักเรียนมีผลการเรียนที่ดีขึ้น และหากนักเรียนไม่ได้แก้โจทย์ปัญหาในขั้น 1 การค้นหาข้อมูล (Search: S) และขั้น 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) ด้วยตนเองแล้วนั้น อาจส่งผลให้ในขั้น 3 การสร้างคำตอบ (Creat: C) และขั้น 4 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share: S) นักเรียนไม่ได้ตรวจสอบหรือพิจารณาคำตอบที่ได้รวมทั้งวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของตนเอง ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถประเมินผลการแก้โจทย์ปัญหาของตนเองได้ ซึ่งสอดคล้องกับ บลูม (Bloom, 1976, pp. 167-169) ที่กล่าวว่า การแก้ไขข้อผิดพลาด และรู้ผลว่าตนเองทำถูกต้องหรือไม่ เป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS มีความคงทนในการเรียนรู้

ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมหรือเรื่องที่เรียนไปแล้วก่อนขึ้นเรื่องใหม่ทุกครั้ง อย่างสม่ำเสมอ และในขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนต้องฝึกแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี จึงจำเป็นต้องใช้ความรู้พื้นฐานในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี โดยเฉพาะเรื่องปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี เนื่องจากโจทย์ปัญหาเป็นลักษณะการบรรยาย บางครั้งโจทย์ไม่ได้ให้สมการเคมีหรือดุลสมการเคมีมาให้ นักเรียนจึงต้องเขียนสมการเคมีและดุลสมการเคมีก่อนแก้โจทย์ปัญหาทุกครั้ง และอีกเรื่อง คือ การคำนวณสารในปฏิกิริยาเคมี (การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับโมล) เนื่องจากการคำนวณสารในปฏิกิริยาเคมีมีหลากหลาย เช่น การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น การคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส และการคำนวณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน ซึ่งการคำนวณสารในปฏิกิริยาเคมีที่มีความหลากหลายและซับซ้อนนั้น นักเรียนจำเป็นต้องคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับโมลก่อนจึงจะสามารถเปลี่ยนหน่วยจากโมลไปเป็นหน่วยอื่น ๆ ได้ ทำให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้พื้นฐานและได้นำไปใช้ตลอดการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ทำให้นักเรียนจดจำความรู้ได้มากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธัญญรัศม์ สุภษร (2555, น. 47-52) ที่จัดกิจกรรมที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ขั้นสร้างความสนใจ

2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมินผล ส่งผลให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

ก่อนสอน

1. ครูควรมีความเข้าใจหลักการและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS อย่างถ่องแท้ทุกขั้นตอน รวมถึงทราบในข้อดี ข้อจำกัด และปัญหาหรืออุปสรรคที่อาจเกิดขึ้นระหว่างจัดการเรียนรู้ เพื่อพึงระวังและควบคุมให้เกิดปัญหาหรืออุปสรรคน้อยที่สุด โดยครูวางแผนควบคุมการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุวัตถุประสงค์ภายในเวลาที่กำหนด แต่ต้องไม่ควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป และควรจัดสรรเวลาให้นักเรียนได้แสดงความคิด รวมทั้งเลือกสถานการณ์หรือกิจกรรมที่มีความน่าสนใจ เข้าใจ

2. ครูควรนำไปกิจกรรมที่ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้มาจัดทำเป็นรูปเล่ม เพื่อให้นักเรียนสะดวกต่อการทบทวนบทเรียนที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว และสามารถเชื่อมโยงแนวคิดของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกันได้ โดยเฉพาะเนื้อหาในเรื่องปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมีที่นักเรียนจะต้องใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนเนื้อหาเรื่องอื่น ๆ

3. ในกิจกรรมที่มีการทดลอง ครูควรทำการทดลองด้วยตนเองก่อนทุกครั้ง เพื่อตรวจสอบว่า ผลการทดลองถูกต้องตามทฤษฎีหรือไม่ รวมถึงตรวจสอบปริมาณสารเคมี และอุปกรณ์การทดลองว่าเพียงพอต่อจำนวนนักเรียนหรือไม่ ที่สำคัญคือ ต้องคำนึงถึงความปลอดภัยของนักเรียนเป็นหลัก เนื่องจากบางการทดลองอาจจะมีสารเคมีหรือแก๊สที่ระคายเคืองต่อผิวหนังหรือระบบทางเดินหายใจ ครูต้องจัดเตรียมอุปกรณ์นิรภัยให้เพียงพอ เช่น หน้ากากอนามัย ถุงมือยาง และทำการทดลองในที่ที่อากาศถ่ายเท

ระหว่างสอน

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ฝึกให้นักเรียนได้แก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ซึ่งธรรมชาติของโจทย์ปัญหาทางเคมีมีความหลากหลายและซับซ้อน นักเรียนอาจจะรู้สึกยากและท้อแท้ ดังนั้นครูควรให้กำลังใจ ส่งเสริมให้นักเรียนช่วยกันคิดเมื่อติดขัด ตลอดจนให้คำปรึกษาเมื่อนักเรียนต้องการความช่วยเหลือ

2. ในกิจกรรมที่มีการทดลอง ครูควรอภิปรายร่วมกับนักเรียนก่อนทำการทดลองทุกครั้ง ในหัวข้อดังนี้ 1) จุดประสงค์ของการทดลอง 2) วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3) วิธีการทดลอง 4) ข้อพึงระวังหรืออันตรายที่อาจเกิดขึ้นจากการทดลอง โดยครูควรดูแลนักเรียนตลอดการทดลองอย่างทั่วถึงและใกล้ชิด

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรวัดพื้นฐานการคำนวณทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ เนื่องจากการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี นอกจากจะนำองค์ความรู้จากเรื่องที่เรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาแล้ว ยังต้องอาศัยองค์ประกอบที่ส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา โดยเฉพาะองค์ประกอบในการคิดคำนวณ ได้แก่ การบวก ลบ คูณ หาร อัตราส่วนอย่างต่ำ สัมประสิทธิ์ เศษส่วน การเปลี่ยนหน่วย การตัดเลข/หน่วย การเทียบบัญญัติไตรยางค์ และร้อยละ เพื่อให้ นักเรียนสามารถแก้โจทย์ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์

2. ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มเติม โดยเฉพาะในด้านการวิเคราะห์ รวมทั้งความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี โดยควรเพิ่มเวลาในชั้นขยายความรู้ และไม่ควรใช้โจทย์ปัญหาที่ยากเกินไป เพื่อให้ นักเรียนได้ฝึกวิเคราะห์และเชื่อมโยงแนวคิดที่ใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมีได้ด้วยตนเอง

3. ในชั้นขยายความรู้ ครูควรส่งเสริมและควบคุมให้นักเรียนได้พยายามแก้โจทย์ปัญหาด้วยตนเองมากขึ้น โดยในชั้น 1 การค้นหา (Search: S) ชั้น 2 การแก้ปัญา (Solve: S) และชั้น 3 การสร้างคำตอบ (Create: C) เมื่อนักเรียนแก้ปัญาในแต่ละชั้นเรียบร้อยแล้ว จึงค่อยนำคำตอบและวิธีการแก้โจทย์ปัญามาแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อน ในชั้น 4 การแลกเปลี่ยน (Share: S)

4. ในแบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ครูควรระบุคำถามเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีการตรวจสอบคำตอบและวิธีการแก้โจทย์ปัญหาของนักเรียน โดยการระบุคำถามเพิ่มเติมทำข้อคำถามในแต่ละข้อ เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนได้มีการตรวจสอบถึงวิธีการและการสรุปคำตอบชัดเจน

5. จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ส่งผลให้นักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้ เรื่องปริมาณสัมพันธ์ ซึ่งมีลักษณะเป็นเนื้อหาที่เน้นด้านคำนวณ ดังนั้น ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS ในเนื้อหาเคมีคำนวณอื่น ๆ หรือในรายวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ ที่เน้นการคำนวณ

บรรณานุกรม

- Adam, A. J. (1967). *Human Memory*. New York: McGraw-Hill.
- Adams, S., & Ellis, L. (1977). *Teaching Mathematics with Emphasis on the Diagnostic Approach*. New York: Harper & Row, Publishers.
- Barman, & C.R. (1992). An Evaluation of the Use of a Technique Designed to Assist Prospective Elementary Teachers use the Learning Cycle Science Textbooks. *School Science and Mathematics*, 92(February 1992).
- Baroody, A. J. (1993). *Problem Solving, Reasoning, and Communicating, K-8 Helping Children Think Mathematically*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Bloom, B. S. (1972). *Taxonomy to Education Objective Hand Book 1 : Cognitive Domain* (17th ad.). New York: David Mackay.
- Bloom, B. S. (1976). *Human Characteristic and School Learning*. New York: McGraw-Hill Book Company.
- Brueckner, L. T., & Grossnickle, F. E. (1974). *How to make Arithmetic Meaningful*. Philadelphia: John C. Winston.
- Bruner, J. (1965). *Studies in Cognitive Growth : Collaboration at the Center for Cognitive Studies*. New York: John Wiley and Sons.
- Burhanudin, M., & Evi, S. B. (2017). The Effect of Search, Solve, Create, And Share (SSCS) Learning Model towards Student's Critical Thinking Skills. *Jurnal Penelitian dan Pembelajaran IPA*, 3(2), 112-123.
- Charles, R., & Lestre, F. (1982). *Teaching Problem Solving What Why and How*. United States of America and Canada: Seymour.
- Chin, C. (1997). Promoting Higher Cognitive Learning in Science Through a Problem-Solving Approach. *National Institute of Education (Singapore)*, 1(5), 9-10.
- Devis, K. (1977). *Human Behavior at Work*. New York: McGraw-Hill.
- Fazelian, p., & Abdolrarim Naveh, e. (2010). The effect of 5E instructional design model on learning and retention of sciences for middle class students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 5, 140-143.

- Gagne, R. (1985). *The Conditions of Learning* (4th ed.). New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Gokhan, D., & Gulsen, C. (2014). The effect of laboratory activities based on 5e model of constructivist approach on 9th grade students' understanding of constructivist approach on 9th grade students' understanding of solution chemistry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 116, 3120-3124.
- Hargen, P. (2000, November). Cooperative learning in organic ii. increased retention on a computer campus *Journal of Chemical Education*, 11, 1441-1444.
- Hatice, G. S., & Inci, M. (2007). The effect of 5E learning model on teaching of acid-base topic in chemistry *Journal of Science Education*, 8(2), 120-123.
- Hedden, J. W., & Speer, W. R. (1992). *Problem Solving, Decision Making and Communication In Mathematics*. 7 th ed. New York: Macmillan Publishing Company.
- Heimer, R. T., & Trueblood, C. R. (1977). *Strategies for Teaching Children Mathematics*. Reading, Mass: Addison-Wesley.
- Kirkley, J. (2003). *Principles for Teaching Problem Solving*. India: PLATO Learning.
- Lawson. (1989). *A theory of instruction: Using the learning cycle to teach science concept and thinking skills [Monograph, Number One]*. Kansas State University, Manhattan. (Ks: The National Association for Research in Science Teaching). From <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED324204.pdf>
- Leblance, J. F. (1997). You can Teach Problem Solving. *Arithmetic Teacher*, 25(2), 16-20.
- Lia, K., & Bunga, S. F. (2014). Problem Solving Learning Approach Using Search, Solve, Create and Share (SSCS) Model and The Student's Mathematical Logical Thinking Skills *Proceeding of International Conference On Research, Implementation And Education Of Mathematics And Sciences*, 315-322.
- Lumsdaine, E., & Lumdaine, M. (1995). *Creative Problem Solving*. New York: McGraw-Hill.
- Mitchell, W. E., & Kowalik, T. F. (1989). Creative Problem Solving. From <http://www.qub.ac.uk/directorates/sgc/learning/Resources/Managingstress/Filetoupload,119297,en.pdf>

- Muhammad, S., & Zulkarnain. (2020). The Effect of SSCS Learning Model on the Mathematical Problem Solving Ability of Junior High School Students, Kampar Regency. *Journal of Educational Sciences*, 4(2), 309-317.
- Nastiti, D., & Rahardjo, S. B. (2018). The effectiveness chemistry module base on search, solve, create, and share (SSCS) to increase science generic skill. *Journal of Physics*, 1-7.
- Ong, E. T., & Keok, B. L. (2020). The Effect of 5E Inquiry Learning Model on the Science Achievement in the Learning of "MAGNET" Among Year 3 Students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), 1-10.
- Pizzini, E. L., & Shepardson. (1989). A Rationale for ant the Development of a Problem Solving Model of Intruction in Science Education. *Science Education*, 73(5), 523-534.
- Polya, G. (1957). *How to Solve It : A New Aspect of Mathematical Method*. New York: Doubleday.
- Senol, S., & Ozge, O. O. (2016). The Effects of 5E Inquiry Learning Activities on Achievement and Attitude toward Chemistry. *Journal of Education and Learning*, 6(1), 1-9.
- Sternberg, R. J. (1986). *Critical Thinking: Its Nature, Measurement, and Improvement*, In F.R. link (Ed.) *Essays on the Intellect*. Alexandria: VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- Torrance, & Paul, E. (1964). *Creativity*. New York: Lohn Wiley and Sons.
- เกษมศรี ภัทรภูริสกุล. (2544). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียน และความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนตามแนวทฤษฎีสุวรรคนิยม. (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- เทวัญ ชันเนียง. (2560). ผลการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น ประกอบหนังสือส่งเสริมการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องพลังงานไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเทศบาล 4 (วัดมหาธาตุวรวิหาร) สังกัดเทศบาลเมืองราชบุรี. วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย ปีที่ 9, ฉบับที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2560), หน้า 70-83.

- กมลรัตน์ หล้าสูงษ์. (2523). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ. (2546). การจัดสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- คงรัฐ นวลแปง. (2547). การใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- จรรยา ดาสา. (2553). เทคนิคการจัดการเรียนรู้สำหรับการแก้โจทย์ปัญหาเคมีคำนวณ. นิตยสาร สสวท. ปีที่ 38, ฉบับที่ 167 (ก.ค.-ส.ค. 2560), หน้า 72-78.
- จันจิรา จุลรังสี. (2558, ธันวาคม). การพัฒนาชุดกิจกรรมเสริมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง โมล ด้วยวิธีการสอนแบบ SSCS สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารวิทยาศาสตร์ มศว ปีที่ 31, ฉบับที่ 2 (ต.ค.-ธ.ค. 2558), หน้า 117-130.
- จิระเดช พ้าเลิศ. (2552). ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง แรง มวล และการเคลื่อนที่ ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4 โดยใช้คอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์เสริมการสอน. (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ชม ภูมิภาค. (2528). เทคโนโลยีทางการสอนและการศึกษา = *Instructional and educational technology*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ชมนาด เชื้อสุวรรณทวี. (2542). การสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ชัยพร วิชชาวุธ. (2520). ความจำมนุษย์. กรุงเทพฯ: ชวนพิมพ์.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2561). 80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- ชูลีพร บุตรโคตร. (2556). คุณภาพการศึกษาไทยต่ำจนน่าเป็นห่วง. สืบค้นจาก <https://www.tcijthai.com/news/2013/07/scoop/2919>
- ณัฐกรณ์ ดำชะอม. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบ 5E และวิธีการทางประวัติศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประวัติศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต).

- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ทิตนา แชนณี. (2544). วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- ธัญญ์วิศว์ สุภษร. (2555). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์มัลติมีเดียเรื่องธาตุแทรนซิชันและธาตุกัมมันตรังสีเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (สารนิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- นวลจันทร์ ผมออุทา. (2545). ผลของการสอนคณิตศาสตร์โดยใช้รูปแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- นันทิยา บุญเคลือบ. (2540). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Constructivism. วารสารสสวท. ปีที่ 25, ฉบับที่ 96, (ม.ค.-มี.ค. 2540), หน้า 11-15.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). พื้นฐานการวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- บุญธรรม กิจปริดาบริสุทธิ์. (2540). ปทานุกรมการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาควิชาศึกษาศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- ประสาธ อิศรปริดา. (2522). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: กราฟิการ์ต.
- ประสิทธิ์ ศรีกุลวงษ์. (2554). ผลของแบบฝึกการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาวิทยาศาสตร์คำนวณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. (ปริญญานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- ปรีชา ช้างขวัญยืน. (2545). เรียนดี - เรียนเก่ง (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สร้างสรรค์บุ๊คส์.
- พชนี แสงประสิทธิ์. (2558). ผลการใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ที่เสริมกิจกรรม 4S เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนไม่เน้นวิทยาศาสตร์. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พัชรกร ยิ่งยงยุทธ. (2560). การศึกษาความสามารถในการสร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนร่วมกับหลัก ส จี ปุ ลิ. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- พันธ์ ทองชุม. (2544). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. ปัตตานี: คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, และ เพียวร์ ยินดีสุข. (2548). วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป. กรุงเทพฯ:

บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ภคพร อิศระ. (2557). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค.

(ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

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

รจนา ต่อเนื่อง. (2561). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบ SSCS ร่วมกับกระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์) ปีที่ 8, ฉบับที่ 3 (ก.ย.-ธ.ค. 2561), หน้า 13-25.

ล้วน สายยศ, และ อังคนา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.

วรทัยา มณีรัตน์. (2560). การพัฒนาทักษะกระบวนการแก้โจทย์ปัญหาเคมี เรื่อง กรด-เบส โดยใช้กระบวนการแก้ปัญหาของโพลยาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 8, ฉบับที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2560), หน้า 297-306.

วัชรวิภา เล่าเรียนดี. (2554). นิเทศการสอน = *Supervision of instruction* (พิมพ์ครั้งที่ 8). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2545). เทคนิคและกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ : ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2544. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

วิไลวรรณ แสนพาน. (2556). สาระการเรียนรู้และการออกแบบกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

วิดิญา มัณห์ฑูสินธุ์. (2553). การจำวิธีการแก้โจทย์ปัญหาและเจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสร้างความจำตามหลักการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน. (ปริญญาานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). การจัดการเรียนรู้ = *Learning management*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2548). ทฤษฎีการประเมิน. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2557). ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภการณ ปลายสุวรรณ. (2561). ผลการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 *Veridian E-Journal, Silpakorn University* ปีที่ 11, ฉบับที่ 2 (พ.ค.-ส.ค 2561), หน้า 3373-3386.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2550). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. สืบค้นจาก http://www.scimath.org/e-books/8417/flippingbook/64/index.html?fbclid=IwAR10wKNXXOTw_75ISBKVtFhUOU-XytNrTEge3DXAUmykR48P8y3EQ8LUOXQ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม วิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เล่ม 2. กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมนึก ภัททิยธนี. (2546). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4). กทม.: ประสานการพิมพ์.

สมฤดี เลี่ยมทอง. (2557). ผลการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญา นิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต, กรุงเทพฯ.

สันนิสา สมัยอยู่. (2554). ผลการจัดการเรียนรู้อยู่แบบ SSCS ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและการสื่อสารทางคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง การประยุกต์ของสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สำเนา ศรีประมงค์. (2547). การศึกษาผลการใช้เกมคำศัพท์ประกอบการสอนที่มีต่อความคงทนใน

- การเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอัสสัมชัญระยอง. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.
- สุกรี รอดโพธิ์ทอง. (2544). การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอน: ความรู้เกี่ยวกับสื่อมัลติมีเดียเพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สุคนธ์ สิ้นพานนท์. (2545). การจัดกระบวนการเรียนรู้: เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- สุชา จันทรเฒ. (2536). จิตวิทยาพัฒนาการ. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2533). การพัฒนาชุดการเรียนการสอนเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องในการแก้โจทย์ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สุพรรณิ เสนภักดี. (2553). การใช้วิธีการสอนแบบโครงงานเพื่อสร้างความคงทนในการเรียนรู้คำศัพท์ภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัดตะกั่ว. (สารนิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2555). การสอนเคมี : การเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลางและการวัดผลแบบ formative. นิตยสาร สสวท. ปีที่ 40, ฉบับที่ 179 (ก.ย.-ต.ค. 2555) , หน้า 44-46.
- สุภาพร พรไตร. (2557). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะวิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดวิเคราะห์. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 5, ฉบับที่ 1 (ม.ค.-มิ.ย. 2557), หน้า 11-20.
- สุวิทย์ พลมณี. (2558). ปัจจัยที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาจังหวัดชัยภูมิ. วารสารบริหารการศึกษา มศว ปีที่ 12, ฉบับที่ 23 (ก.ค.-ธ.ค. 2558), หน้า 60-70.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2548). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อดิศักดิ์ สิงห์สีโว. (2549). การพัฒนาหลักสูตรสถานศึกษาเรื่องปริมาณสัมพันธ์ที่เน้นการพัฒนาความสามารถ ในการแก้ปัญหาและการตัดสินใจ. (ปริญญานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต).

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อนันต์ โพธิกุล. (2543). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์
ปัญหาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบบูรณาการ
เชิงวิธีการกับการสอนตามคู่มือครู. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัย
ศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อารีย์ คงสวัสดิ์. (2544). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเชื่อในการเรียนคณิตศาสตร์กับ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ปริญญานิพนธ์
มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อุไรวรรณ รักดอน. (2542). ผลของการสอนโดยใช้รูปแบบเอสเอสซีเอสที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญานิพนธ์
มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.







ภาคผนวก ก

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ตาราง 20 รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

ชื่อ-สกุล	วุฒิการศึกษา	ตำแหน่ง
ผศ.ดร.อุ้นเรือน เล็กน้อย	วท.ม. เทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยมหิดล	รองผู้อำนวยการสถาบันวิจัยสังคม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
นางศุภวรรณ งามแสง	วท.ม. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	ครูชำนาญการพิเศษ สอนวิชาเคมี โรงเรียนดัดดรุณี
นายชูเชิด พุทธเจริญ	กศ.ม. เคมี มหาวิทยาลัยนเรศวร	ครูชำนาญการพิเศษ สอนวิชาเคมี โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์
นางสาวประภมพร โคตา	กศ.ม. การมัธยมศึกษาการสอน วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ	ครูชำนาญการพิเศษ สอนวิชาวิทยาศาสตร์ โรงเรียนวัดโสธรวรารามวรวิหาร

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์
2. แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์
3. ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

**ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์**

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี		
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี		ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1		เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี
รายวิชา เคมี	ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563	จำนวน 3 คาบ

หน่วยการเรียนรู้ ปริมาณสัมพันธ์

ผลการเรียนรู้

1. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิด

สาระสำคัญ

ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่สารตั้งแต่ 1 ชนิดเปลี่ยนเป็นสารใหม่ โดยมีโครงสร้างและสมบัติต่างจากเดิม การเขียนสมการเคมีจึงช่วยให้เข้าใจปฏิกิริยาเคมีได้ง่ายขึ้น เพราะมีการระบุสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ รวมทั้งเห็นเลขสัมประสิทธิ์ (coefficient) ที่ใช้ในการดุลสมการเคมี ทำให้นักเรียนสามารถหาอัตราส่วนโดยโมล (mole ratio) ได้

จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

- เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิดเมื่อทราบสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ (K)
- แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี (K)
- ระบุอัตราส่วนโดยโมลจากสมการเคมี (K)
- ทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างโซเดียมฟอสเฟตและแบเรียมคลอไรด์ได้ตามขั้นตอน และใช้อุปกรณ์เหมาะสม (P)
- ออกแบบการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ (P)
- รับผิดชอบต่องานที่ได้รับมอบหมาย (A)

สาระการเรียนรู้

ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่ทำให้สารตั้งแต่ 1 ชนิดเปลี่ยนเป็นสารชนิดใหม่ โดยอะตอมหรือไอออนของสารตั้งต้นจะเกิดการเรียงตัวใหม่ได้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีโครงสร้างและสมบัติต่างจากสารตั้งต้น

สมการเคมี (chemical equation) คือ การอธิบายการเปลี่ยนแปลงของสารที่เป็นประโยคข้อความสามารถทำให้สั้นและเข้าใจตรงกัน โดยใช้สูตรเคมีและสัญลักษณ์แสดงชนิดของสารที่เกี่ยวข้องในปฏิกิริยาเคมี โดยเขียนสูตรเคมีของสารตั้งต้นไว้ทางซ้ายมือและสูตรเคมีของผลิตภัณฑ์ไว้ทางขวามือของลูกศร ซึ่งลูกศรจะแสดงทิศทางการเกิดปฏิกิริยาเคมี อาจแสดงสถานะของสารโดยเขียนวงเล็บหลังสูตรเคมีของสารแต่ละชนิด ได้แก่ (s) solid สถานะของแข็ง, (l) liquid สถานะของเหลว, (g) gas สถานะแก๊ส และ (aq) สารละลายที่มีน้ำเป็นตัวทำละลาย

การเขียนสมการเคมีที่สมบูรณ์ อะตอมของแต่ละธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ต้องมีจำนวนเท่ากัน ทำได้โดยการดุลสมการเคมี โดยนำเลขสัมประสิทธิ์ (coefficient) มาเติมนำสูตรของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์โดยไม่มีการเปลี่ยนสูตรเคมีของสารตั้งต้น โมลของสารในสมการเคมีที่ดุลแล้วเรียกว่า อัตราส่วนโดยโมล (mole ratio)

สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 2
2. ใบกิจกรรมที่ 6.1 การทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างโซเดียมฟอสเฟตกับแบเรียมคลอไรด์
3. กล้องจุลทรรศน์ 6 ด้าน ระบุว่า แอมโมเนีย มวล (g) โมล สูตรเคมีของแก๊ส ปริมาตรที่ STP และจำนวนอนุภาค
4. วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ กิจกรรม 6.1 การทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างโซเดียมฟอสเฟตกับแบเรียมคลอไรด์
5. วิดีทัศน์การเกิดโซเดียมคลอไรด์จากโลหะโซเดียมและแก๊สคลอรีน
6. แผ่นป้ายสะสมแต้มบุญ
7. ภาพสнимเหล็ก และดอกไม้ไฟ
8. ห้องปฏิบัติการเคมี

กิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

- 1.1 นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 5 คน แล้วเล่นเกม “1 คน 1 ด้าน” ซึ่งมีกติกา ดังนี้

1) นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับกล่องลูกบาศก์ ซึ่งมีทั้งหมด 6 ด้าน โดยจะมี 1 ด้านที่ระบุคำว่า “แอมโมเนีย” ส่วนอีก 5 ด้านจะระบุค่าที่ต่างกัน ได้แก่ มวล (g), โมล, สูตรเคมีของแก๊ส, ปริมาตรที่ STP และจำนวนอนุภาค

2) นักเรียนแต่ละกลุ่มจะต้องเติมค่าต่าง ๆ ลงบนกล่องลูกบาศก์ให้ครบทุกด้าน โดยมีข้อแม้ว่า นักเรียน 1 คน จะเติมได้เพียง 1 ด้าน ภายในเวลา 1 นาที โดยครูจะเป็นผู้จับเวลาในแต่ละครั้ง

3) เมื่อนักเรียนเติมคำตอบครบทุกด้าน ครูและนักเรียนจะเฉลยคำตอบร่วมกัน โดยแต่ละกลุ่มจะได้แต้มบุญสะสมตามจำนวนด้านที่ตอบถูก ครูใช้คำถามเพื่อเฉลยคำตอบร่วมกับนักเรียนบนกระดาน ดังนี้

- แอมโมเนียมีสูตรเคมีว่าอะไร (NH_3)
- NH_3 มีโมลเท่าใด (1 โมล)
- ดังนั้น NH_3 จะมีมวลเท่าใด (N มีมวลเท่ากับ 14 ส่วน H มีมวลเท่ากับ 1 แต่มี 3 โมล ดังนั้น มวลของ NH_3 จึงเท่ากับ 14 กรัม)
- ปริมาตรที่ STP ของ NH_3 มีค่าเท่ากับ (22.4 L หรือ 22,400 mL)
- จำนวนอนุภาคของ NH_3 พิจารณาในรูปโมเลกุลหรืออะตอม (โมเลกุล) มีค่าเท่ากับเท่าใด (6.02×10^{23} โมเลกุล)

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (50 นาที)

2.1 นักเรียนตอบคำถามกระตุ้นความสนใจ ดังนี้

- นักเรียนทราบหรือไม่ว่าแอมโมเนียเกิดจากการรวมตัวกันระหว่างสารใดกับสารใด (ไนโตรเจนกับไฮโดรเจน)
- การรวมตัวกันระหว่างไนโตรเจนกับไฮโดรเจนจัดเป็นปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ เพราะเหตุใด (จัดเป็นปฏิกิริยาเคมี เพราะมีสารใหม่เกิดขึ้น โดยชนิดและจำนวนอะตอมของธาตุไม่เปลี่ยนแปลง)
- ยกตัวอย่างปฏิกิริยาปฏิกิริยาเคมีที่นักเรียนรู้จักในชีวิตประจำวัน (ปฏิกิริยาเคมีระหว่างผงฟูกับสารละลายกรดแอซติก)

2.2 ครูแสดงปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นสมการข้อความและสมการเคมีบนกระดาน แล้วถามนักเรียนว่า

- สมการเคมีให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์มากกว่าสมการข้อความความอย่างไร (สมการเคมีมีข้อมูลของสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ มีการระบุสถานะของสารโดยใช้สัญลักษณ์ในวงเล็บหลังสูตรเคมี ซึ่งใช้พื้นที่ในการเขียนน้อยกว่า และเป็นการเขียนที่เป็นสากลสามารถเข้าใจได้ตรงกัน)

2.3 นักเรียนศึกษาขั้นตอนและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำ กิจกรรม 6.1 การทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างโซเดียมฟอสเฟตกับแบเรียมคลอไรด์ ในหนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี เล่ม 2 หน้าที่ 93 – 95 แล้วตอบคำถามลงในใบกิจกรรมที่ 6.1 ดังนี้

- จากการศึกษา นักเรียนคิดว่า จุดประสงค์ของการทดลองนี้คืออะไร

(1. เพื่อศึกษาการทำปฏิกิริยาพอดิกันของสารระหว่างโซเดียมฟอสเฟตกับแบเรียมคลอไรด์

2. หาอัตราส่วนโดยโมลของโซเดียมฟอสเฟตต่อแบเรียมคลอไรด์ที่ทำปฏิกิริยาพอดิกัน)

- วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองมีอะไรบ้าง

(1. สารละลายโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) 0.20 mol/L 7. หลอดหยดแบบสั้น

2. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2) 0.20 mol/L 8. ที่ตั้งหลอดทดลอง

3. หลอดทดลองขนาดกลาง 9. แผ่นใส

4. ปีกเกอร์ขนาด 50 mL 10. ไม้บรรทัด

5. หลอดฉีดยาขนาด 3 mL 11. กระดาษกราฟ)

6. หลอดหยดแบบยาว

- การทดลองแบ่งออกเป็นกี่ตอน อะไรบ้าง (แบ่งออกเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 การหาปริมาณสารที่ทำปฏิกิริยาพอดิกัน และ ตอนที่ 2 การทดสอบสารละลายที่เหลือหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี)

- ตอนที่ 1 การหาปริมาณสารที่ทำปฏิกิริยาพอดิกัน มีขั้นตอนอย่างไร

(1. ใช้หลอดฉีดยาดูด Na_3PO_4 0.20 M ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 5 หลอด หลอดละ 1.0 mL

2. ใช้หลอดฉีดยาดูด BaCl_2 0.20 M ใส่ลงใน Na_3PO_4 หลอดที่ 1 ถึง 5 ปริมาตร 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 mL ตามลำดับ โดยหยดสารละลายอย่างช้า ๆ และเขย่าหลอดทดลองตลอดเวลา พร้อมทั้งบันทึกการเปลี่ยนแปลง

3. วางหลอดทดลองในที่ตั้งหลอดทดลองประมาณ 15 นาที หรือจนกระทั่งความสูงของตะกอนในแต่ละหลอดไม่เปลี่ยนแปลง วัดความสูงของตะกอนในแต่ละหลอด บันทึกผล

4. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนกับปริมาตรของ BaCl_2 ที่ใช้ในแต่ละหลอด)

- ตอนที่ 2 การทดสอบสารละลายที่เหลือหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี มีขั้นตอนอย่างไร

(1. ใช้หลอดดูดสารละลายในส่วนที่อยู่เหนือตะกอนของหลอดที่ 1 ในตอนที่ 1 แล้วหยดลงบนแผ่นใส 2 หยด โดยให้แต่ละหยดห่างกันประมาณ 2 cm และทำเช่นนี้กับหลอดต่อ ๆ ไป จนครบทั้ง 5 หลอด จะได้หยดของสารละลายเป็น 2 ชุด

2. หยด Na_3PO_4 ลงในสารละลายชุดที่ 1 ตำแหน่งละ 1 หยด จนครบทั้ง 5 ตำแหน่ง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล

3. หยด BaCl_2 ลงในสารละลายชุดที่ 2 ตำแหน่งละ 1 หยด จนครบทั้ง 5 ตำแหน่ง สังเกตการเปลี่ยนแปลง บันทึกผล)

2.4 ครูชี้แจงข้อควรระวังในการทดลองว่า “นักเรียนควรใช้หลอดทดลองขนาดเท่ากันทุกหลอด และระวังอย่าให้เกิดฟองแก๊สขณะใช้หลอดดูดยาดูดสารละลาย”

2.5 นักเรียนรับอุปกรณ์การทดลองและลงมือปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอน

3. ขั้นตอนิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (20 นาที)

3.1 นักเรียนและครูตอบคำถามเพื่ออภิปรายผลการทดลองร่วมกัน ดังนี้

- Na_3PO_4 ทำปฏิกิริยากับ BaCl_2 หรือไม่ สังเกตได้จากอะไร (ทำปฏิกิริยากัน ได้ ตะกอนสีขาวเป็นผลิตภัณฑ์)

- จากกราฟ ตอนที่ 1 จงหาปริมาตรของ BaCl_2 ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Na_3PO_4 ปริมาตร 1.0 mL (ผลการทดลองตอนที่ 1 เมื่อนำมาเขียนกราฟพบว่า ความสูงของเริ่มคงที่ตั้งแต่หลอดที่ 3 แสดงว่า BaCl_2 0.20 M ปริมาตร 1.50 mL ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Na_3PO_4 0.20 M ปริมาตร 1.00 mL)

- จากการทดลองตอนที่ 2 หลอดใดที่ Na_3PO_4 และ BaCl_2 ทำปฏิกิริยากันพอดีทราบได้อย่างไร และหลอดดังกล่าวใช้ปริมาตรของ BaCl_2 เท่ากับที่หาได้จากกราฟหรือไม่ (การทดสอบสารละลายที่เหลือชุดที่ 1 ด้วย Na_3PO_4 พบว่า หลอดที่ 4 และ 5 มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น แสดงว่ามี BaCl_2 เหลืออยู่ในหลอดทดลองทั้งสอง ส่วนการทดสอบสารละลายที่เหลือชุดที่

2 ด้วย BaCl_2 พบว่า หลอดที่ 1 และ 2 มีตะกอนสีขาวเกิดขึ้น แสดงว่ามี Na_3PO_4 เหลืออยู่ในหลอดทดลองทั้งสอง จึงสรุปได้ว่า หลอดที่ 3 เป็นหลอดที่ Na_3PO_4 ทำปฏิกิริยาพอดีกับ BaCl_2 สอดคล้องกับผลการทดลองที่ได้จากกราฟ)

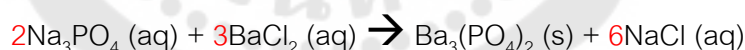
- จำนวนโมลของ Na_3PO_4 และ BaCl_2 ของหลอดที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันมีค่าเท่าใด (จำนวนโมลของ $\text{Na}_3\text{PO}_4 = 2.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ Na_3PO_4 และจำนวนโมลของ $\text{BaCl}_2 = 3.0 \times 10^{-4} \text{ mol}$ BaCl_2)

- อัตราส่วนโดยโมลของ Na_3PO_4 และ BaCl_2 ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันมีค่าเท่าใด (อัตราส่วนโดยโมลของโซเดียมฟอสเฟตต่อแบเรียมคลอไรด์ที่ทำปฏิกิริยาเคมีกันพอดีเท่ากับ 2:3)

- นักเรียนคิดว่า การทดลองนี้มีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นหรือไม่ และอาจเกิดได้จากอะไร (อาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นจากการเตรียมสารละลาย การวัดปริมาตรของสารละลาย และการวัดความสูงของตะกอน)

3.2 ครูอธิบายการเขียนสมการเคมีด้วยสูตรเคมีและลูกศร โดยใช้ปฏิกิริยาเคมีจากกิจกรรม 6.1 ดังนี้ $\text{Na}_3\text{PO}_4 (\text{aq}) + \text{BaCl}_2 (\text{aq}) \rightarrow \text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2 (\text{s}) + \text{NaCl} (\text{aq})$ โดยครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแสดงสถานะของสารในสมการเคมี ตามตาราง 6.1 หน้า 96

3.3 ครูใช้สมการเคมีอธิบายเกี่ยวกับการดุลสมการเคมี โดยการนำเลขสัมประสิทธิ์มาเติมหน้าสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ เพื่อให้จำนวนอะตอมของแต่ละธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เท่ากัน ดังนี้



4. ขยายความรู้ (Elaboration) (50 นาที)

4.1 การค้นหา (Search: S)

นักเรียนฝึกแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ดังนี้ “เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างโลหะโพแทสเซียม (K) กับน้ำ (H_2O) ได้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และแก๊สไฮโดรเจน” โดยครูใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาสิ่งที่โจทย์ต้องการ และสิ่งที่โจทย์ให้มา

- โจทย์ต้องการให้เราทำอะไร (เขียนและดุลสมการเคมี)
- เราต้องทราบข้อมูลอะไรบ้าง (จำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิด)
- โจทย์ให้ข้อมูลอะไรที่จำเป็น (K กับ H_2O เป็นสารตั้งต้น ส่วน KOH เป็นผลิตภัณฑ์)

- มีข้อมูลอะไรที่เราต้องการทราบเพิ่มเติม (เลขสัมประสิทธิ์ของธาตุแต่ละชนิดควรเป็นเท่าใด)

4.2 การแก้ปัญหา (Solve: S)

นักเรียนแต่ละคนแสดงวิธีการดุลสมการของตนเอง และหากตรวจสอบแล้วพบว่าจำนวนโมลอะตอมของธาตุแต่ละชนิดของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีจำนวนไม่เท่ากัน ให้นักเรียนตรวจสอบวิธีการดุลสมการของตนเอง และดุลสมการใหม่อีกครั้ง

4.3 การสร้างคำตอบ (Create: C)

นักเรียนปรึกษากันภายในกลุ่มเกี่ยวกับวิธีการดุลสมการที่เข้าใจง่าย เป็นลำดับขั้นตอน สามารถดุลสมการได้ถูกต้อง เพื่อนำเสนอคำตอบและวิธีการดุลสมการของกลุ่มตนเอง

4.4 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (Share)

4.4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการดุลสมการ เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่นเกี่ยวกับคำตอบ วิธีการดุลสมการ และข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างหาคำตอบ

4.4.2 นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้มาซึ่งวิธีการดุลสมการที่ง่ายและถูกต้อง โดยใช้คำถามดังนี้

- สมการเคมีเขียนได้อย่างไร



- จำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิดมีเท่าใด (ฝั่งสารตั้งต้นมี K อะตอม, H 2 อะตอม, O 1 อะตอม ฝั่งผลิตภัณฑ์มี K 1 อะตอม, H 1 อะตอม, O 1 อะตอม, H 1 อะตอม)

- เริ่มดุลจากอะตอมของธาตุใดก่อน เพราะเหตุใด (ดุล K ก่อน เพราะจำนวนอะตอมของธาตุมีเพียงหนึ่งชนิดในแต่ละข้างของสมการ)

- ควรดุลธาตุใดต่อ (O และ H ตามลำดับ) ผลที่ได้เป็นอย่างไร (อะตอมของ O เท่า แต่ H ไม่เท่า จึงเติมเลขสัมประสิทธิ์ $\frac{1}{2}$ หน้า H_2) ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า เลขสัมประสิทธิ์ต้องอยู่ในรูปจำนวนเต็มอย่างต่ำ จึงคูณเลขสัมประสิทธิ์ทั้งหมดของสมการด้วยเลข 2 และไม่ต้องแสดงสัมประสิทธิ์ที่เป็นเลข 1 ดังนี้ $2K(s) + 2H_2O(l) \rightarrow 2KOH(aq) + H_2(g)$

4.4.3 ครูสรุปข้อแนะนำสำหรับขั้นตอนการดุลสมการอีกครั้ง ดังนี้

1) นับจำนวนธาตุแต่ละชนิด

2) คูลจำนวนอะตอมของธาตุที่ทางด้านซ้ายและขวาของสมการยังไม่เท่ากัน โดยเริ่มจากธาตุที่มีอยู่ในสารเพียงหนึ่งชนิดในแต่ละข้างของสมการเคมีก่อน ซึ่งโดยทั่วไปอะตอม H และ O จะคูลเป็นลำดับสุดท้าย

3) คูลจำนวนอะตอมของธาตุอื่น ๆ จนกระทั่งทุกอะตอมของธาตุทางด้านซ้ายและขวาของสมการเท่ากัน โดยพยายามหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนเลขสัมประสิทธิ์หน้าสารที่มีอะตอมธาตุที่คูลแล้ว

4) นิยมทำเลขสัมประสิทธิ์ที่เป็นเศษส่วนให้เป็นจำนวนเต็ม โดยคูณสัมประสิทธิ์ทุกตัวด้วยตัวคูณที่น้อยที่สุด

5. ขั้นตอนประเมินความรู้ (Evaluation) (20 นาที)

5.1 นักเรียนดูวีดิทัศน์การเกิดโซเดียมคลอไรด์จากโลหะโซเดียมและแก๊สคลอรีน แล้วตอบคำถามร่วมกัน ดังนี้

- ถ้าให้สารตั้งต้นทำปฏิกิริยาเคมีที่อุณหภูมิห้อง ปฏิกิริยาดังกล่าวจะเกิดขึ้นหรือไม่ (ปฏิกิริยาจะไม่เกิดขึ้น) แสดงว่า อุณหภูมิมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- นอกจากอุณหภูมิแล้ว นักเรียนคิดว่า มีปัจจัยใดบ้างที่ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ความร้อน ความดัน)

5.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า ในสมการเคมีที่มีปัจจัยอื่น ๆ ส่งผลต่อการเกิดปฏิกิริยาจะแสดงสัญลักษณ์ ดังตารางที่ 6.2 หน้า 102

5.3 ครูใช้คำถามนำว่า ในสมการที่คูลแล้ว อะตอมของธาตุแต่ละธาตุในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีจำนวนเท่ากัน นักเรียนคิดว่ามวลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

5.4 ให้นักเรียนคำนวณมวลของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จากตัวอย่าง

$2\text{Na (s)} + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{NaCl (s)}$ (มวลอะตอม Na=23, Cl=35.5) จะพบว่ามวลรวมของสารตั้งต้นและมวลรวมของผลิตภัณฑ์เท่ากันคือ 117 g ซึ่งสอดคล้องกับกฎทรงมวล

5.5 นักเรียนเล่นเกม Kahoot! เพื่อสรุปความรู้ที่ได้เรียนรู้ จำนวน 10 ข้อ โดยนักเรียนที่มีคะแนนสูงสุด 3 อันดับแรกจะได้เลือกเปิดแผ่นป้ายเพื่อสะสมแต้มบุญให้กลุ่มตัวเอง

การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์การวัดและประเมินผล
1. เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาเคมีบางชนิดเมื่อทราบสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ (K) 2. แปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมี (K) 3. ระบุอัตราส่วนโดยโมลจากสมการเคมี (K)	- การเขียนตอบ คำถามท้ายใบกิจกรรมที่ 6.1	- ใบกิจกรรมที่ 6.1	ได้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
4. ทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างโซเดียมฟอสเฟตและแบเรียมคลอไรด์ได้ตามขั้นตอน และใช้อุปกรณ์เหมาะสม (P)	- การทดลอง - การบันทึกกิจกรรมการทดลอง	- แบบสังเกตพฤติกรรม - ใบกิจกรรมที่ 6.1	นักเรียนมีผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับปานกลางขึ้นไป ได้คะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60
5. ออกแบบการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้ (P)	- การนำเสนอ	- แบบสังเกตพฤติกรรม	นักเรียนมีผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับปานกลางขึ้นไป
6. รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย (A)	- การสังเกต	- แบบสังเกตพฤติกรรม	นักเรียนมีผลการประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ระดับปานกลางขึ้นไป

เกณฑ์การให้คะแนนจากใบกิจกรรมที่ 6.1
การทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างไฮเดียมฟอสเฟตกับแบเรียมคลอไรด์

เกณฑ์	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. นักเรียนสามารถดุลสมการเคมีได้อย่างถูกต้อง	ระบุสารตั้งต้น (1), ระบุผลิตภัณฑ์ (1), จำนวนอะตอมของธาตุแต่ละชนิดเท่ากันทั้ง 2 ฝั่ง (1), เลขสัมประสิทธิ์เป็นจำนวนเต็ม (1)	ถูกต้อง 3 ใน 4 ส่วน	ถูกต้อง 2 ใน 4 ส่วน	ถูกต้อง 1 ใน 4 ส่วน
2. นักเรียนแปลความหมายสัญลักษณ์ในสมการเคมีได้	แปลสมการข้อความเป็นสมการเคมี (1), ระบุสูตรเคมีจากชื่อสาร (1), ระบุสถานะของสารในสมการเคมี (1), ระบุสัญลักษณ์ของปัจจัยที่ส่งผลต่อปฏิกิริยาเคมี (1)	ถูกต้อง 3 ใน 4 ส่วน	ถูกต้อง 2 ใน 4 ส่วน	ถูกต้อง 1 ใน 4 ส่วน
3. นักเรียนระบุอัตราส่วนโดยโมลจากสมการเคมีได้	จำนวนอะตอมของสารตั้งต้น และผลิตภัณฑ์เท่ากัน (1), คำนวณโมลของสารตั้งต้น (1), คำนวณโมลของผลิตภัณฑ์ (1), ระบุอัตราส่วนโดยโมล (1)	ถูกต้อง 3 ใน 4 ส่วน	ถูกต้อง 2 ใน 4 ส่วน	ถูกต้อง 1 ใน 4 ส่วน
4. นักเรียนทดลองและบันทึกผลการทดลองได้	บันทึกผลความสูงของตะกอน (1) , เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนกับปริมาตรของ BaCl_2 ที่ใช้แต่ละหลอด (1) , บันทึกผลการหยด Na_3PO_4 ในสารละลายชุดที่ 1 (1) , บันทึกผลการหยด Na_3PO_4 ในสารละลายชุดที่ 2 (1)	ถูกต้อง 3 ใน 4 ส่วน	ถูกต้อง 2 ใน 4 ส่วน	ถูกต้อง 1 ใน 4 ส่วน

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

13 – 16 คะแนน หมายถึง ดีมาก

5 – 8 คะแนน หมายถึง ปานกลาง

9 – 12 คะแนน หมายถึง ดี

1 – 4 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

ที่	ชื่อ - สกุล	ปฏิบัติตาม ขั้นตอน กระบวนการ ทาง วิทยาศาสตร์			การนำเสนอ			ความ รับผิดชอบ			รวม
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	
22											
23											
24											
25											

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

7 – 9 คะแนน

หมายถึง ดี

4 – 6 คะแนน

หมายถึง ปานกลาง

1 – 3 คะแนน

หมายถึง ปรับปรุง

บันทึกผลหลังการจัดกิจกรรม

1.ผลการสอน

.....

.....

.....

.....

2.ปัญหาและวิธีการแก้ไข

ปัญหาและอุปสรรค	วิธีการแก้ไข	ผลการแก้ไข
1.		
2.		
3.		
4.		

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นางสาวโชติรส อัมสมบูรณ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ใบกิจกรรมที่ 1
เรื่อง ปฏิริยาเคมีและสมการเคมี

ทบทวนความรู้

1. ตอบคำถามเกี่ยวกับ “แอมโมเนีย” ดังนี้

- 1) สูตรเคมี.....
- 2) โมล.....
- 3) มวล.....
- 4) ปริมาตรที่ STP L หรือ.....mL
- 5) จำนวนอนุภาค.....โมเลกุล.....อะตอม
- 6) เกิดจากการรวมตัวกันระหว่างสารใดกับสารใด.....
- 7) จัดเป็นปฏิริยาเคมีหรือไม่ เพราะเหตุใด.....

2. ตอบคำถามเกี่ยวกับ “ปฏิริยาเคมี” ดังนี้

- 1) ยกตัวอย่างปฏิริยาเคมีที่นักเรียนรู้จักมา 1 ปฏิริยา
.....
- 2) ปฏิริยาเคมีระหว่างผงฟูกับสารละลายกรดแอซิดิก เขียนเป็นสมการเคมีได้อย่างไร
.....
- 3) สมการเคมี มีประโยชน์อย่างไร
.....

กิจกรรมที่ 6.1

การทดลองปฏิกิริยาเคมีระหว่างโซเดียมฟอสเฟตกับแบเรียมคลอไรด์

จุดประสงค์การทดลอง

- 1)
- 2)

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

- | | |
|--|---------------------|
| 1. สารละลายโซเดียมฟอสเฟต (Na_3PO_4) 0.20 mol/L | 7. หลอดหยดแบบสั้น |
| 2. สารละลายแบเรียมคลอไรด์ (BaCl_2) 0.20 mol/L | 8. ที่ตั้งหลอดทดลอง |
| 3. หลอดทดลองขนาดกลาง | 9. แผ่นใส |
| 4. ปีกเกอร์ขนาด 50 mL | 10. ไม้บรรทัด |
| 5. หลอดฉีดยาขนาด 3 mL | 11. กระดาษกราฟ |
| 6. หลอดหยดแบบยาว | |

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาปริมาณสารที่ทำปฏิกิริยาพอดีกัน มีขั้นตอนอย่างไร

1. ใช้หลอดฉีดยาดูด Na_3PO_4 0.20 M ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง 5 หลอด หลอดละ 1.0 mL
2. ใช้หลอดฉีดยาดูด BaCl_2 0.20 M ใส่ลงใน Na_3PO_4 หลอดที่ 1 ถึง 5 ปริมาตร 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 mL ตามลำดับ โดยหยดสารละลายอย่างช้า ๆ และเขย่าหลอดทดลองตลอดเวลา พร้อมทั้งบันทึกการเปลี่ยนแปลง
3. วางหลอดทดลองในที่ตั้งหลอดทดลองประมาณ 15 นาที หรือจนกระทั่งความสูงของตะกอนในแต่ละหลอดไม่เปลี่ยนแปลง วัดความสูงของตะกอนในแต่ละหลอด บันทึกผล
4. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของตะกอนกับปริมาตรของ BaCl_2 ที่ใช้ในแต่ละหลอด)

ตอนที่ 2 การทดสอบสารละลายที่เหลือหลังเกิดปฏิกิริยาเคมี มีขั้นตอนอย่างไร

1. ใช้หลอดดูดสารละลายในส่วนที่อยู่เหนือตะกอนของหลอดที่ 1 ในตอนที่ 1 แล้วหยดลงบนแผ่นใส 2 หยด โดยให้แต่ละหยดห่างกันประมาณ 2 cm และทำเช่นนี้กับหลอดต่อ ๆ ไป จนครบทั้ง 5 หลอด จะได้หยดของสารละลายเป็น 2 ชุด

ตอนที่ 2

การตรวจสอบสารละลายที่เหลือหลังเกิดปฏิกิริยาได้ผลดังนี้

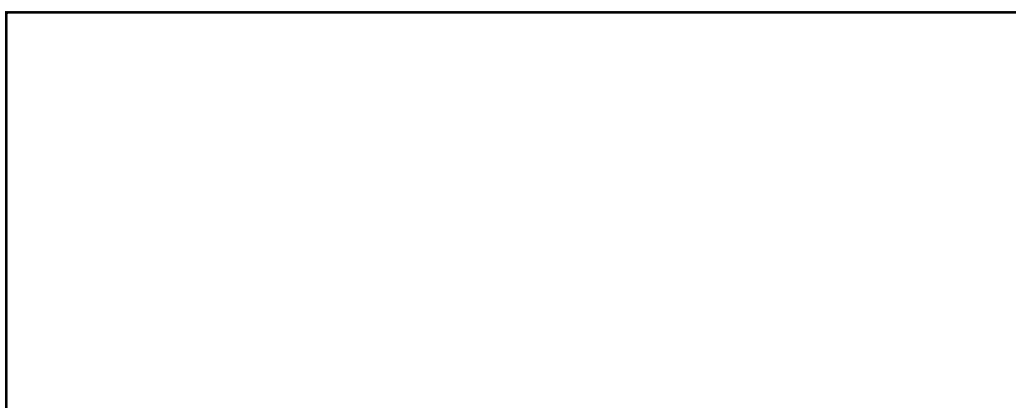
1. เมื่อนำสารละลายใส่จากหลอดที่ 1-5 ชุดแรกมาเติม Na_3PO_4 พบว่า

.....

2. เมื่อนำสารละลายใส่จากหลอดที่ 1-5 อีกชุดหนึ่งมาเติม BaCl_2 พบว่า

.....

3. ภาพ ผลการตรวจสอบสารละลายที่เหลือ หลังเกิดปฏิกิริยาเคมีในหลอดที่ 1 - 5



อภิปรายผลการทดลอง

1. จากกราฟ ตอนที่ 1 จงหาปริมาตรของ BaCl_2 ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกับ Na_3PO_4 ปริมาตร 1.0 mL

.....

.....

.....

2. จากการทดลองตอนที่ 2 หลอดใดที่ Na_3PO_4 และ BaCl_2 ทำปฏิกิริยากันพอดี ทราบได้อย่างไร และหลอดดังกล่าวใช้ปริมาตรของ BaCl_2 เท่ากับที่หาได้จากกราฟหรือไม่

.....

.....

.....

3. จำนวนโมลของ Na_3PO_4 และ BaCl_2 ของหลอดที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

4. อัตราส่วนโดยโมลของ Na_3PO_4 และ BaCl_2 ที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันมีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....



แบบฝึกหัดแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี

1. ให้นักเรียนเขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างโลหะโพแทสเซียม (K) กับน้ำ (H_2O) ได้สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และแก๊สไฮโดรเจน

โดยใช้เทคนิค SSCS ในการแก้โจทย์ปัญหา ประกอบด้วย 4 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การค้นหา (Search: S) ให้นักเรียนค้นหาสิ่งที่โจทย์ให้มาและสิ่งที่โจทย์ต้องการ

- โจทย์ต้องการให้เราทำอะไร

.....

- เราต้องทราบข้อมูลอะไรบ้าง

.....

- โจทย์ให้ข้อมูลอะไรที่จำเป็น

.....

- มีข้อมูลอะไรที่เราต้องการทราบเพิ่มเติม

.....

ขั้นที่ 2 การแก้ปัญหา (Solve: S) ให้นักเรียนแสดงวิธีการดุลสมการของตนเอง พร้อมตรวจสอบ หากพบว่า จำนวนโมลอะตอมของธาตุแต่ละชนิดของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์มีจำนวนไม่เท่ากัน ให้นักเรียนตรวจสอบวิธีการดุลสมการของตนเอง และดุลใหม่อีกครั้ง

แนวคิด

วิธีทำ

วิธีทำ

ขั้นที่ 3 การสร้างคำตอบ (Create: C) นักเรียนปรึกษากันภายในกลุ่มเกี่ยวกับวิธีการดูแล
สมการที่เข้าใจง่าย เป็นลำดับขั้นตอน สามารถดูแลสมการได้ถูกต้อง เพื่อนำเสนอคำตอบและ
วิธีการดูแลสมการของกลุ่มตนเอง

สรุปขั้นตอนในการดูแลสมการ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น (S: Share) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอวิธีการ
ดูแลสมการ เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนกลุ่มอื่นเกี่ยวกับคำตอบ วิธีการดูแลสมการ และ
ข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างหาคำตอบ

- ได้ข้อแลกเปลี่ยนอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ฉบับที่ 1
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีทำ และหาคำตอบที่ถูกต้อง

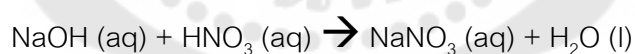
1. เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างลิเทียมไฮดรอกไซด์ (LiOH) กับกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ได้สารละลายลิเทียมฟอสเฟต (Li_3PO_4) และน้ำ (H_2O)

แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

2. นำสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.00 โมลาร์ ปริมาตร 200 มิลลิลิตร มาทำปฏิกิริยาเคมีกับสารละลายกรดไนตริกเข้มข้น 1.60 โมลาร์ จะต้องใช้สารละลายกรดไนตริกกี่มิลลิลิตร

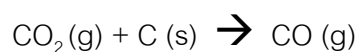
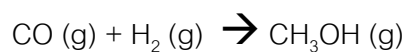


แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

3. จะต้องใช้แก๊สไฮโดรเจน (H_2) กี่กรัมในการสังเคราะห์เมทานอล (CH_3OH) 64 กรัม จากการเปลี่ยนแปลงดังสมการ (มวลอะตอม $\text{C} = 12$, $\text{H} = 1$, $\text{O} = 16$)



แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

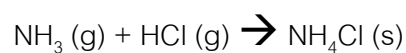
4. ถ้าผสมแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ปริมาณ 17 กรัม กับแก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (SO_2) ปริมาณ 128 กรัม ดังสมการเคมี $2 \text{H}_2\text{S (g)} + \text{SO}_2 \text{ (g)} \rightarrow 3 \text{S (g)} + 2 \text{H}_2\text{O (g)}$ จงหาสารกำหนดปริมาณ (มวลอะตอมของ $\text{H} = 1$, $\text{S} = 32$, $\text{O} = 16$)

แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

5. แก๊สแอมโมเนียทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ได้แอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นของแข็งสีขาว ถ้าใช้แอมโมเนีย 0.100 กรัม จงคำนวณมวลของแอมโมเนียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น และผลได้ร้อยละของปฏิกิริยาเคมี ถ้ามีแอมโมเนียมคลอไรด์เกิดขึ้น 0.10 กรัม (มวลอะตอม N = 14, H = 1, Cl=35.5)



แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี ฉบับที่ 2
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

คำชี้แจง ให้นักเรียนแสดงวิธีทำ และหาคำตอบที่ถูกต้อง

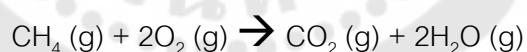
1. เขียนและดุลสมการเคมีของปฏิกิริยาระหว่างแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) กับแก๊สออกซิเจน (O_2)
 ได้น้ำ (H_2O) และแก๊สไนโตรเจนมอนอกไซด์ (NO)

แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

2. ปฏิกิริยาการเผาไหม้แก๊สมีเทน (CH_4) เกิดขึ้นดังสมการ



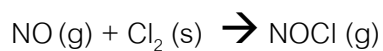
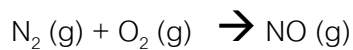
จงคำนวณมวลของไอน้ำ (H_2O) จากปฏิกิริยาการเผาไหม้ของแก๊สมีเทน 48.00 กรัม

แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

3. คำนวณมวลของแก๊สออกซิเจน (O_2) ที่ต้องใช้ในการสังเคราะห์ไนโตรซิลคลอไรด์ (NOCl) 131 กรัม จากการเปลี่ยนแปลงดังสมการ ($N = 14, O = 16, Cl = 35.5$)



แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

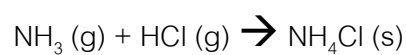
4. ถ้าให้แก๊สมีเทน (CH_4) ปริมาณ 4.00 กรัม เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้กับแก๊สออกซิเจน (O_2) ปริมาณ 24.0 กรัม ดังสมการเคมี $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(g)$ จงหาสารกำหนดปริมาณ และมวลของสารที่เหลือ ($C = 12, O = 16, H = 1$)

แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ

5. แก๊สแอมโมเนียทำปฏิกิริยากับแก๊สไฮโดรเจนคลอไรด์ได้แอมโมเนียมคลอไรด์ ซึ่งเป็นของแข็งสีขาว ถ้าใช้แอมโมเนีย 0.20 กรัม จงคำนวณมวลของแอมโมเนียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้น และผลได้ร้อยละของปฏิกิริยาเคมี ถ้ามีแอมโมเนียมคลอไรด์เกิดขึ้น 0.20 กรัม (มวลอะตอม N = 14, H = 1, Cl = 35.5)



แนวคิด

วิธีทำ

ตอบ



ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 1
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

1. ปฏิกิริยาเคมี $\text{Zn (s)} + \text{CuSO}_4 \text{ (aq)} \rightarrow \text{ZnSO}_4 \text{ (aq)} + \text{Cu (s)}$ มีสัญลักษณ์ของธาตุโลหะชนิดใดบ้าง

- ก. เงิน ทองแดง
- ข. ทองแดง สังกะสี
- ค. สังกะสี ดีบุก
- ง. ดีบุก ตะกั่ว

2. ข้อใดกล่าวผิด

- ก. ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่ทำให้สารตั้งแต่ 1 ชนิดเปลี่ยนเป็นสารชนิดใหม่
- ข. ผลิตภัณฑ์ หมายถึง สารที่มีโครงสร้างและสมบัติต่างจากสารตั้งต้น
- ค. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีได้จาก การเกิดฟองแก๊ส
- ง. ปฏิกิริยาเคมีเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

3. การเปลี่ยนแปลงในข้อใดจัดเป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- ก. การใช้เตาสุริยะต้มน้ำให้เดือด
- ข. การระเหยของน้ำเมื่อถูกแสงอาทิตย์
- ค. การเกิดรูงินน้ำที่ให้แสงสีต่าง ๆ ออกมา
- ง. การที่ฟิล์มถ่ายรูปเปลี่ยนสีเมื่อถูกแสงอาทิตย์

4. ข้อใดคือสูตรเคมีของโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต

- ก. NaHCO_3
- ข. Na_2CO_3
- ค. CH_3COOH
- ง. CH_3COONa

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับสมการเคมี

- ก. อะตอมของธาตุแต่ละชนิดในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน
- ข. เลขสัมประสิทธิ์เป็นเลขที่นำมาเติมหน้าสูตรเคมีเพื่อดุลสมการ
- ค. การดุลสมการจะมีการเปลี่ยนสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
- ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาจะเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้ว

6. ข้อใดไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์

- ก. แก๊ส CO
- ข. แก๊ส CO₂
- ค. ไอน้ำ
- ง. พลังงาน

7. จากสมการ $A + B \rightarrow CO_2 (g)$ นักเรียนคิดว่าสาร A และ B คือสารใด ตามลำดับ

- ก. คาร์บอนและแก๊สออกซิเจน
- ข. คาร์บอนและน้ำ
- ค. คาร์บอนและกรด
- ง. คาร์บอนและเบส

8. สารใดมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 16

- ก. CO₂
- ข. CH₄
- ค. O₃
- ง. Cl₂

9. CO₂ 88 กรัม มีกี่โมล

- ก. 1
- ข. 2
- ค. 3
- ง. 4

ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 2
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

1. จากสมการเคมี $2 \text{NaCl (aq)} + \text{BaSO}_4 \text{ (aq)} \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 \text{ (aq)} + \text{BaCl}_2 \text{ (aq)}$ มีสัญลักษณ์ของธาตุชนิดใดบ้าง

- ก. ไนโตรเจน คลอรีน ซิลิคอน
- ข. นีออน ซีเซียม ไอโอดีน
- ค. โซเดียม แบเรียม ซัลเฟอร์
- ง. นิเกิล เบริลเลียม ออกซิเจน

2. ข้อใดกล่าวผิด

- ก. ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่ทำให้สารตั้งแต่ 1 ชนิดเปลี่ยนเป็นสารชนิดใหม่
- ข. ผลิตภัณฑ์ หมายถึง สารที่มีโครงสร้างและสมบัติต่างจากสารตั้งต้น
- ค. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีได้จากการเกิดฟองแก๊สเท่านั้น
- ง. ปฏิกิริยาเคมีไม่ใช้การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

3. การเปลี่ยนแปลงในข้อใดจัดเป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- ก. การใช้เตาสุริยะต้มน้ำให้เดือด
- ข. การระเหยของน้ำเมื่อถูกแสงอาทิตย์
- ค. การเกิดรูงินน้ำที่ให้แสงสีต่าง ๆ ออกมา
- ง. การเกิดหินงอกหินย้อย

4. ข้อใดคือสูตรเคมีของกรดแอซิก

- ก. NaHCO_3
- ข. Na_2CO_3
- ค. CH_3COOH
- ง. CH_3COONa

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับสมการเคมี

- ก. อะตอมของธาตุแต่ละชนิดในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์จำเป็นต้องเท่ากัน
- ข. เลขสัมประสิทธิ์เป็นเลขที่นำมาเติมด้านหลังสูตรเคมีเพื่อดุลสมการ
- ค. การดุลสมการจะมีการเปลี่ยนสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
- ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาจะเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้ว

6. ข้อใดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์

- ก. แก๊ส CO
- ข. แก๊ส CO₂
- ค. แก๊ส O₂
- ง. แก๊ส H₂

7. จากสมการ $2A + B \rightarrow 2H_2O (g)$ นักเรียนคิดว่าสาร A คือสารใด

- ก. H₂
- ข. O₂
- ค. H₂O
- ง. OH⁻

8. สารใดมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 71

- ก. CO₂
- ข. CH₄
- ค. O₃
- ง. Cl₂

9. H₂O 36 กรัม มีกี่โมล

- ก. 1
- ข. 2
- ค. 3
- ง. 4

ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับที่ 3
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

1. จากสมการเคมี $\text{Cu} + 2 \text{AgNO}_3 \rightarrow 2 \text{Ag} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ประกอบด้วยธาตุโลหะชนิดใดบ้าง

- ก. เงิน ทองแดง
- ข. ทองแดง สังกะสี
- ค. สังกะสี ดีบุก
- ง. ดีบุก ตะกั่ว

2. ข้อใดกล่าวผิด

- ก. ปฏิกิริยาเคมีเป็นกระบวนการที่ทำให้สารตั้งแต่ 2 ชนิดเปลี่ยนเป็นสารชนิดใหม่
- ข. ผลิตภัณฑ์ หมายถึง สารที่มีโครงสร้างและสมบัติต่างจากสารตั้งต้น
- ค. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีได้จากการเปลี่ยนสี
- ง. ปฏิกิริยาเคมีไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ

3. การเปลี่ยนแปลงในข้อใดจัดเป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- ก. การใช้เตาสุริยะต้มน้ำให้เดือด
- ข. การระเหยของน้ำเมื่อถูกแสงอาทิตย์
- ค. การเกิดรูงินน้ำที่ให้แสงสีต่าง ๆ ออกมา
- ง. การเกิดสนิมเหล็ก

4. ข้อใดคือสูตรเคมีของโซเดียมแอซิเตต

- ก. NaHCO_3
- ข. Na_2CO_3
- ค. CH_3COOH
- ง. CH_3COONa

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับสมการเคมี

- ก. อะตอมของธาตุแต่ละชนิดในสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ไม่จำเป็นต้องเท่ากัน
- ข. เลขสัมประสิทธิ์เป็นเลขที่นำมาเติมด้านหลังสูตรเคมีเพื่อดุลสมการ
- ค. การดุลสมการจะไม่มี การเปลี่ยนสูตรเคมีของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์
- ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาจะเป็นส่วนหนึ่งของผลิตภัณฑ์ เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดแล้ว

6. ข้อใดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงอย่างสมบูรณ์

- ก. CO
- ข. H₂
- ค. O₂
- ง. H₂O

7. จากสมการ $2A + B \rightarrow 2H_2O (g)$ นักเรียนคิดว่าสาร B คือสารใด

- ก. H₂
- ข. O₂
- ค. H₂O
- ง. OH⁻

8. สารใดมีมวลโมเลกุลเท่ากับ 44

- ก. HNO₃
- ข. CO₂
- ค. CF₄
- ง. OF₂

9. NH₃ 34 กรัม มีกี่โมล

- ก. 1
- ข. 2
- ค. 3
- ง. 4

ภาคผนวก ค

1. ตาราง 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์
2. ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1)
3. ตาราง 23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2)
4. ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1)
5. ตาราง 25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2)
6. ตาราง 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 3)
7. ตาราง 27 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1)
8. ตาราง 28 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่อง ปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2)
9. ตาราง 29 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1)
10. ตาราง 30 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2)
11. ตาราง 31 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 3)

ตาราง 21 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์

ประเด็นการประเมิน	แผนการจัดการเรียนรู้ที่							แปลผล
	1	2	3	4	5	6	7	
1.แผนการจัดการเรียนรู้มีองค์ประกอบครบถ้วนสัมพันธ์กัน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
2. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
3. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับจำนวนคาบเรียน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
4. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับการส่งเสริมความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
5. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับการส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
6. การจัดการเรียนรู้สอดคล้องกับการส่งเสริมความคงทนในการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
7. เนื้อหามีความยากง่ายสอดคล้องกับระดับชั้นของนักเรียน	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
8. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับเนื้อหาการจัดการเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
9. การวัดและประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง
10. วัสดุ อุปกรณ์ และสื่อการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	สอดคล้อง

ค่า IOC เท่ากับ 1.00

ตาราง 22 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1)

ข้อที่	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ				ค่า IOC	แปลผล	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	รวมคะแนน			
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้

ค่า IOC เท่ากับ 1.00

ตาราง 23 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2)

ข้อที่	คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ				ค่า IOC	แปลผล	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	รวมคะแนน			
1	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
2	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้

ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

ตาราง 24 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติม
เคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1)

ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล	สรุปผล
1	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
3	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
4	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
6	0	+1	+1	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
7	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
9	0	+1	+1	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
11	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
12	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
13	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
14	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
15	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
21	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
22	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
27	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
30	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้

ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

ตาราง 25 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติม
เคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2)

ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล	สรุปผล
1	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
4	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
5	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
7	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
10	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
11	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
12	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
13	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
14	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
22	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
30	0	+1	+1	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้

ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

ตาราง 26 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเพิ่มเติม
เคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 3)

ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	รวมคะแนน	ค่า IOC	แปลผล	สรุปผล
1	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
3	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
5	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
8	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
10	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
11	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
12	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
13	+1	0	+1	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
14	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
15	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
16	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
18	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
22	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
23	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
24	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
26	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
27	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
28	+1	+1	0	2	0.67	สอดคล้อง	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้
30	+1	+1	+1	3	1.00	สอดคล้อง	ใช้ได้

ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00

ตาราง 27 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1)

ข้อที่	p	r
1	0.504	0.769
2	0.348	0.536
3	0.295	0.842
4	0.229	0.766
5	0.373	0.748

ค่า p อยู่ระหว่าง 0.229 – 0.504

ค่า r อยู่ระหว่าง 0.536 - 0.842

α - coefficient = 0.816

ตาราง 28 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดความสามารถในการแก้
โจทย์ปัญหาทางเคมี รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2)

ข้อที่	p	r
1	0.632	0.930
2	0.387	0.454
3	0.293	0.426
4	0.257	0.727
5	0.236	0.500

ค่า p อยู่ระหว่าง 0.236 - 0.632

ค่า r อยู่ระหว่าง 0.426 - 0.930

α - coefficient = 0.722

ตาราง 29 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 1)

ข้อที่	p	r
1	0.614	0.561
2	0.757	0.557
3	0.457	0.690
4	0.629	0.526
5	0.657	0.331
6	0.671	0.229
7	0.571	0.322
8	0.571	0.375
9	0.586	0.378
10	0.514	0.340
11	0.657	0.363
12	0.300	0.254
13	0.571	0.341
14	0.529	0.284
15	0.643	0.361
16	0.557	0.240
17	0.457	0.427
18	0.457	0.405
19	0.486	0.331
20	0.486	0.398
21	0.471	0.249
22	0.471	0.241
23	0.457	0.299
24	0.586	0.387
25	0.471	0.358
26	0.586	0.361
27	0.629	0.244
28	0.486	0.265
29	0.514	0.516
30	0.443	0.239

ค่า p อยู่ระหว่าง 0.300 – 0.757

ค่า r อยู่ระหว่าง 0.229 - 0.690

KR-20 = 0.802

ตาราง 30 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 2)

ข้อที่	p	r
1	0.597	0.461
2	0.542	0.617
3	0.472	0.272
4	0.514	0.586
5	0.528	0.616
6	0.542	0.464
7	0.514	0.358
8	0.542	0.271
9	0.597	0.500
10	0.444	0.391
11	0.458	0.396
12	0.500	0.400
13	0.444	0.302
14	0.417	0.563
15	0.431	0.447
16	0.569	0.695
17	0.403	0.317
18	0.347	0.556
19	0.458	0.364
20	0.458	0.321
21	0.431	0.360
22	0.403	0.385
23	0.347	0.306
24	0.542	0.359
25	0.375	0.246
26	0.333	0.360
27	0.347	0.328
28	0.403	0.298
29	0.264	0.387
30	0.306	0.249

ค่า p อยู่ระหว่าง 0.264 - 0.597

ค่า r อยู่ระหว่าง 0.246 - 0.695

KR-20 = 0.849

ตาราง 31 ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
รายวิชาเพิ่มเติมเคมี เรื่องปริมาณสัมพันธ์ (ฉบับที่ 3) จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	p	r
1	0.413	0.577
2	0.480	0.283
3	0.320	0.339
4	0.427	0.290
5	0.507	0.459
6	0.493	0.533
7	0.400	0.373
8	0.520	0.425
9	0.373	0.278
10	0.387	0.366
11	0.440	0.336
12	0.400	0.389
13	0.427	0.347
14	0.387	0.269
15	0.347	0.397
16	0.453	0.449
17	0.373	0.306
18	0.360	0.436
19	0.360	0.293
20	0.307	0.281
21	0.267	0.466
22	0.387	0.236
23	0.440	0.276
24	0.227	0.225
25	0.333	0.251
26	0.413	0.244
27	0.360	0.380
28	0.400	0.334
29	0.360	0.215
30	0.360	0.215

ค่า p อยู่ระหว่าง 0.227 - 0.520

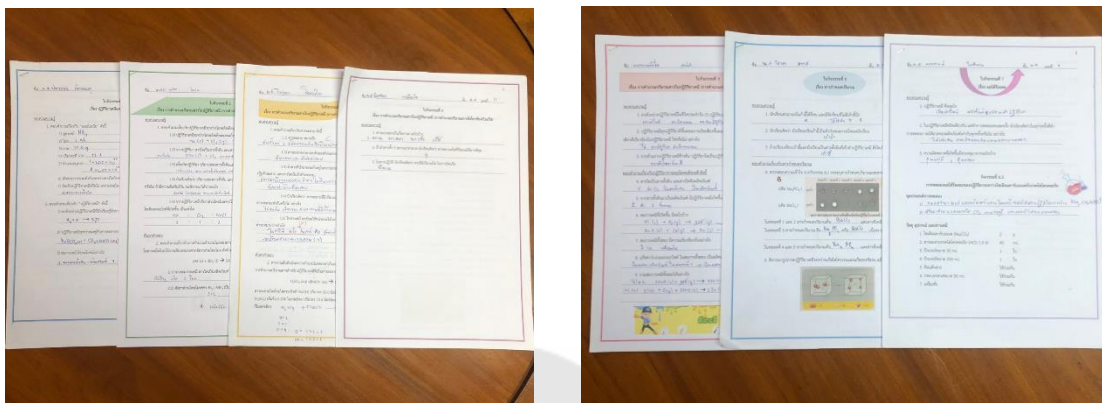
ค่า r อยู่ระหว่าง 0.215 - 0.577

KR-20 = 0.77

ภาคผนวก ง
ภาพกิจกรรมและผลงานนักเรียน

1. ตัวอย่างผลงานนักเรียน
2. ตัวอย่างภาพกิจกรรมงานที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิค SSCS

ตัวอย่างผลงานนักเรียน



ภาพประกอบ 5 ผลงานที่เก็บกิจกรรมของนักเรียน จำนวน 7 กิจกรรม

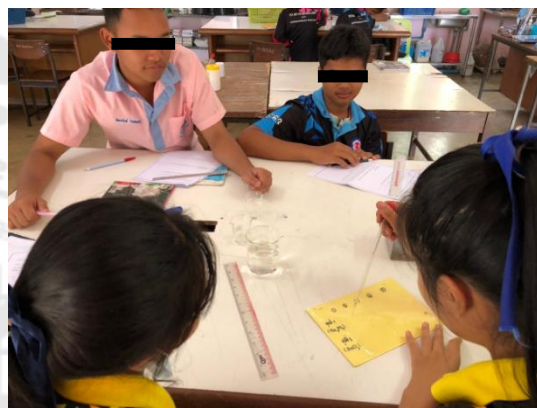


ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างผลงานและผลการทดลองของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้

ตัวอย่างภาพกิจกรรมขณะที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
ร่วมกับเทคนิค SSCS



ภาพประกอบ 7 การทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 2 สัปดาห์ กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง



ภาพประกอบ 8 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี)



ภาพประกอบ 9 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องการคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับมวล)



ภาพประกอบ 10 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการคำนวณปริมาณที่เกี่ยวข้องกับความเข้มข้น)



ภาพประกอบ 11 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการคำนวณปริมาณสารที่เกี่ยวข้องกับแก๊ส)



ภาพประกอบ 12 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมีหลายขั้นตอน)



ภาพประกอบ 13 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
(แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สารกำหนดปริมาณ)



ภาพประกอบ 14 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
 ร่วมกับเทคนิค SSCS กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
 (แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ผลได้ร้อยละ)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นางสาวโชติรส อับสมบุญ
วัน เดือน ปี เกิด	13 กันยายน 2536
สถานที่เกิด	จังหวัดฉะเชิงเทรา
วุฒิการศึกษา	พ.ศ. 2554 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จาก โรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์ จังหวัดฉะเชิงเทรา พ.ศ. 2560 ศีษศาสตรบัณฑิต สาขา การสอนวิทยาศาสตร์ (เคมี) จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ที่อยู่ปัจจุบัน	6 ม. 9 ต.บางกะไห อ.เมืองฉะเชิงเทรา จ.ฉะเชิงเทรา 24000

