ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี

นางสาววิไล ชาปู่

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2563

The Effects of Using 7E Inquiry Instruction Together with Practice Activities Package in the Topic of Solution on Chemistry Learning Achievement and Analytical Thinking Abilities of Grade 11 Students at Lao khwan Ratbumrung School in Kanchanaburi Province

Miss. Wilai Chapoo

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Educational
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2020

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี

ชื่อและนามสกุล นางสาววิไล ชาปู่

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 2 กุมภาพันธ์ 2564

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาว)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

.....ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมพร พุทธาพิทักษ์ผล)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี

ผู้วิจัย นางสาววิไล ชาปู่ **รหัสนักศึกษา** 2612000071

ปริญญา ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์

(2) รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา **ปีการศึกษา** 2563

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 และ 2) เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนดังกล่าว ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563จำนวน 1 ห้องเรียน 33 คน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึก เรื่อง สารละลาย แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึก เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนดังกล่าว หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มัธยมศึกษา

Thesis title: The Effects of Using 7E Inquiry Instruction Together with Practice Activities Package in the Topic of Solution on Chemistry Learning Achievement and Analytical Thinking Abilities of Grade 11 Students at Lao khwan Ratbumrung School in Kanchanaburi Province
Researcher: Miss. Wilai Chapoo; **ID:** 2612000071
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Nuanjid Chaowakeratipong, Associate Professor;
(2) Dr. Duongdearn Suwanjinda, Associate Professor; **Academic year:** 2020

Abstract

The purposes of this research were to 1) compare the chemistry learning achievement of Grade 11 students who learned by using the 7E inquiry instruction together with practice activities package in the topic of Solution with the 75 percent criterion; and 2) compare analytical thinking abilities of the students before and after learning.

The research sample consisted of 33 Grade 11 students who studied in the first semester of the 2020 in 1 intact classroom at Lao khwan Ratbumrung School in Kanchanaburi Province, obtained by cluster random sampling. The research instruments were 7E inquiry instruction together with practice activities package in the topic of Solution, chemistry learning achievement test , and analytical thinking abilities assessment form. The statistics used for data analysis were the percentage, mean, standard deviation, and t-test for dependent sample.

The results showed that; 1) the chemistry learning achievement after learning of the students who learned by using the 7E inquiry instruction together with practice activities package in the topic of Solution was significantly higher than the 75 percent criterion at the .05 level; and 2) the analytical thinking abilities after learning of the students was significantly higher than their before learning at the .05 level.

Keywords: 7E Inquiry instruction, Learning achievement, Analytical thinking ability, Secondary education

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ลุล่วงด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณา คำชี้แนะและความช่วยเหลือออย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ซึ่งอาจารย์ทั้งสองท่านได้ให้คำแนะนำให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องโดยตลอด รวมทั้งให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ ผู้วิจัยซาบซึ้งและขอขอบพระคุณในความเมตตาของท่านทั้งสองเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ไสว ฟักขาว ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและแนะแนวทางในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน ได้แก่ นางสุวิไล จันทร์สนอง ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 8 จังหวัดราชบุรี-กาญจนบุรี อาจารย์ดุสิต อังธารารักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ หลักสูตรเทคโนโลยีเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต และนายนพพร แสงอาทิตย์ นักวิชาการศึกษา สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเป็นอย่างดี และให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณท่านผู้อำนวยการโรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุงที่ส่งเสริมสนับสนุน ขอขอบพระคุณครูรัตนาภรณ์ ลักขณาพินิจ หัวหน้ากลุ่มบริหารงานวิชาการ ครูยุวดี ศิลาดี หัวหน้างานวัดผลและประเมินผล และคณะครูโรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุงที่ให้ความร่วมมือและให้กำลังใจ และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ให้ความร่วมมือในการทำวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณครอบครัวของผู้วิจัยที่คอยสนับสนุน ส่งเสริม ห่วงใยและให้กำลังใจ รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนเอกวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคนที่ให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์พึงมีจากการศึกษาวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอน้อมบูชาพระคุณบิดามารดาและบูรพาจารย์ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้ และให้ความเมตตาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด และเป็นกำลังใจสำคัญที่ทำให้การวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

วิไล ชาปู่

กุมภาพันธ์ 2564

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 4

กรอบแนวคิดการวิจัย 4

สมมติฐานการวิจัย 5

ขอบเขตของการวิจัย 5

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

ประโยชน์ที่ได้รับ 7

บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 8

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 9

การใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 37

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 45

การคิดวิเคราะห์ 66

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 79

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 85

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 85

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 86

การเก็บรวบรวมข้อมูล 108

การวิเคราะห์ข้อมูล 108

สถิติพื้นฐาน 109

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 113
ตอนที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 113
ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล 113
ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 114
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 117
สรุปการวิจัย 117
อภิปรายผล 120
ข้อเสนอแนะ 127
บรรณานุกรม 128
ภาคผนวก 141
ก ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) 142
ข ตัวอย่างชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย 152
ค แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 175
ง แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ 184
ประวัติผู้วิจัย 195

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ระดับของการสืบเสาะแบ่งผู้ที่มีบทบาทกำหนดในแต่ละขั้นตอนของการสืบเสาะ 18
ตารางที่ 2.2 ลักษณะจำเป็นของการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนและระดับของการสืบเสาะหาความรู้ 18
ตารางที่ 2.3 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน 27
ตารางที่ 3.1 โครงสร้างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย 87
ตารางที่ 3.2 กรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) 88
ตารางที่ 3.3 กรอบแนวคิดในใช้ชุดฝึกแต่ละชนิดในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย 92
ตารางที่ 3.4 ผังข้อสอบ (test blueprint) วิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 97
ตารางที่ 3.5 ผังข้อสอบสำหรับแนวการวัดความความสามารถในการคิดวิเคราะห์ชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 เรื่อง วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน 106
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 114
ตารางที่ 4.10 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 115

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญในการช่วยสร้างความคิดที่พัฒนาให้มนุษย์มีความสามารถไม่ว่าจะเป็นการคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะและศึกษาหาความรู้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆได้อยู่เสมอ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันนี้กับวัฒนธรรมสมัยใหม่ ที่เป็นสังคมแห่งการค้นคว้าและเรียนรู้ ทำให้ทุกคนจำเป็นต้องหมั่นศึกษาด้านวิทยาศาสตร์อยู่เสมอ เพื่อที่จะมาประยุกต์ใช้กับเทคโนโลยีในปัจจุบันอย่างสร้างสรรค์ มีเหตุผลและพัฒนาคุณภาพชีวิตได้ดีมากยิ่งขึ้น เพราะฉะนั้นเราจะเห็นได้ว่าในปัจจุบันนี้ได้มีเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเพื่อใช้ในการอำนวยความสะดวกให้กับมนุษย์ โดยทั้งหมดนี้ล้วนมีรากฐานมาจากวิทยาศาสตร์ที่ผสมผสานเข้ากับเทคโนโลยีทั้งสิ้น ดังนั้นนักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดี ประเทศที่พัฒนาแล้วมักมีพลเมืองที่มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ดี (ส่องแสง อาราษฎร์, 2560, น. 208-212)

ประเทศไทยมีนโยบายพัฒนาประเทศเพื่อเตรียมความพร้อมพลเมืองเข้าสู่ศตวรรษที่ 21 ที่เน้นความสามารถในการคิดขั้นสูงได้แก่ การคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดแก้ปัญหา ดังนั้นครูจึงต้องเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมีคุณสมบัติดังกล่าว ทั้งนี้ต้องเริ่มจากการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ซึ่งเป็นการคิดพื้นฐานของการคิดขั้นสูงทั้งหมด กรมวิชาการ (2552) กล่าวว่าในการจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดให้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นสาระการเรียนรู้หนึ่งของหลักสูตร โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น เพื่อพัฒนาความสามารถด้านการคิด และสิ่งที่ติดตัวนักเรียนไปคือ วิธีการคิด กระบวนการแสวงหาความรู้ ความสามารถในการกล้าคิด กล้าทำ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้จะกลายเป็นลักษณะนิสัยของผู้เรียน ในการนำไปสู่การพัฒนาตนเอง สังคม และประเทศชาติต่อไป

ผลคะแนนสอบ O-NET ที่ไม่เป็นไปตามเป้าหมายและสะท้อนถึงคุณภาพของผู้เรียนที่ต่ำลงโดยเฉพาะคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2558, น. 34-35)

จากรายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี ในระยะ 3 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ปีการศึกษา 2260-2562 พบว่า นักเรียนได้คะแนนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ เท่ากับ 23.84 , 27.13 และ 22.59 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2562) จากหลักฐานผลการสอบ O-NET และการสอบความสามารถด้านการคิด แสดงว่านักเรียนไทยมีปัญหาทั้งด้านผลสัมฤทธิ์การเรียนวิทยาศาสตร์ และการคิดวิเคราะห์ ซึ่งครูมีหน้าที่แก้ปัญหานี้

สภาพปัญหาการทำงานของครูวิทยาศาสตร์ ในการจัดการเรียนรู้ไม่เน้นให้นักเรียนได้ฝึกฝน ให้คิดวิเคราะห์ และสืบเสาะอย่างสมบูรณ์ คือ ครูใช้วิธีการสอนแบบเดิม ไม่กระตุ้นให้ผู้เรียนรู้จักคิดวิเคราะห์ ไม่รู้จักค้นหาข้อมูล ครูมีภาระงานนอกเหนืองานสอนมากทำให้ไม่มีเวลาจัดการเรียนการสอนอย่างเต็มที่ และไม่มีเวลาให้กับนักเรียน ผลการสอบ O-NET ที่นำมาใช้ประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษาสร้างความกดดันให้กับครู เพื่อการพัฒนาหรือปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสอน ปรับเปลี่ยนให้เน้นการฝึกปฏิบัติให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ใช้กระบวนการวิจัยบูรณาการในการเรียนการสอน โดยครูพัฒนาทักษะการตั้งคำถาม สร้างสื่อการสอน เน้นวิธีสอนให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ สร้างสื่อนวัตกรรมให้นักเรียนได้เรียนรู้และฝึกฝนด้วยตนเอง (สำนักเลขาธิการสภาการศึกษา, 2556, น. ซ)

จากปัญหาและความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนในยุคปัจจุบัน ผู้วิจัยจึงสนใจการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ซึ่งในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับว่าวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based instruction) เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับการสอนเพื่อให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Bybee et al., 2006) ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ และคิดแก้ปัญหาทำให้ผู้เรียนเกิดปัญญา ส่งผลให้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น สำหรับวิธีการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยในปัจจุบันเป็นแบบให้ผู้เรียนสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง (Constructivism) โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ซึ่งได้แนวทางการสอนมาจากนักศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Society) ซึ่งเป็นการสอน 5 ขั้นตอน (5E Learning Cycle) ได้แก่ การสร้างความสนใจ (Engage) การสำรวจและค้นหา (Explore) การอธิบาย (Explain) การขยายความรู้ (Elaborate) และการประเมิน (Evaluate) ต่อมาในปี ค.ศ.2003 ไอเซ็นคราฟท์ (Eisenkraft,2003) ได้ปรับขยายรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E Learning Cycle) มาเป็นรูปแบบการเรียนรู้สืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E Learning Cycle) โดยเพิ่มขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit) เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมในการเกิดข้อสงสัยมากขึ้น นักเรียนจะได้คิดวิเคราะห์และเชื่อมโยงความรู้เดิมและ

ความรู้ใหม่เข้าด้วยกัน และเพิ่มขั้นตอนที่ 7 คือ ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extension) เข้าไป เพื่อนักเรียนจะได้เชื่อมโยงการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ นักเรียนจะได้ฝึกการคิดวิเคราะห์มากขึ้น และทำให้บทเรียนที่เรียนรู้มีความหมายสำหรับนักเรียนมากขึ้น ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ด้วย (ประสาท เนืองเฉลิม, 2550, น. 25-27) นอกจากนั้น ผู้สอนสามารถนำชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และชุดฝึกทักษะการคำนวณทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยเสริมความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการคำนวณทางวิทยาศาสตร์ได้ โดยใช้ประกอบเป็นกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ปกติในชั้นเรียนโดยแฝงอยู่ในกิจกรรมการทดลอง หรือการทำงานที่มอบหมายให้ผู้เรียนทำ เช่น ทำเป็นชุดกิจกรรมการทดลองให้ผู้เรียนทำในขั้นสำรวจและค้นหาหรือขั้นขยายความรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E หรือทำเป็นชุดกิจกรรมการสืบค้นในวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์ หรือใช้ชุดฝึกทักษะการคำนวณไว้ตอนท้ายของการเรียนการสอนเนื้อหาที่มีการคำนวณ เป็นการฝึกฝนให้ผู้เรียนแก้ปัญหาโจทย์คำนวณได้อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง และแม่นยำ (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2561, น. 6-53)

ตามผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามโครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม2 เป็นวิทยาศาสตร์แขนงที่ศึกษาเรื่อง สารละลาย มีความสำคัญในการดำรงชีวิตและการทำงาน เป็นเนื้อหาที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้เรียน ทั้งนี้เพื่อปรับปรุงให้สอดคล้องกับบริบท และตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม2 เรื่อง สารละลาย จึงเป็นเนื้อหาที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้เรียน ซึ่งในเรื่อง สารละลาย มีเนื้อหาสาระเกี่ยวกับการคำนวณค่อนข้างมาก ทำให้มีปัญหา นักเรียนไม่สามารถทำได้ เพราะขาดการฝึกฝนให้วิเคราะห์ เพื่อทำความเข้าใจโจทย์ปัญหา และยังมีการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการ ซึ่งนักเรียนก็มีปัญหาในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการ มีผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในบทเรียนนี้ไม่เป็นที่น่าพอใจ

ทั้งการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติการทดลองเป็นสิ่งที่เป็นทักษะซึ่งสามารถฝึกฝนและพัฒนาได้ การใช้ชุดฝึกสามารถช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวได้ เนื่องจากชุดฝึกเป็นสื่อที่ครูสร้างขึ้นสามารถออกแบบให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติงาน เรียนรู้และพัฒนาสิ่งที่เป็นทักษะได้ด้วยตนเอง ดังเช่นงานวิจัยของดวงสมร ดวงตา (2556) ได้สร้างและทดลองใช้ชุดฝึกทักษะการคำนวณ แก้โจทย์ปัญหาในวิชาเคมี เรื่อง โมล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหนองบัวพิทยาคม จังหวัดน่าน กำหนดชุดฝึก 6 เรื่อง คือ 1) มวลอะตอม 2) มวลโมเลกุล 3) โมลกับจำนวนอนุภาค 4) จำนวนโมลกับมวลของสาร 5) ปริมาตรต่อโมลของแก๊ส และ 6) ความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนโมล

อนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊ส ผลการทดลองใช้ชุดฝึกมีประสิทธิภาพ E1/E2 85.96/82.35 สามารถช่วยแก้ปัญหาการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนได้

จากสภาพการณ์ข้างต้นทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย มาใช้สอนวิชาเคมีให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน โดยผลการวิจัยในครั้งนี้จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์อื่นๆของนักเรียนในระดับชั้นอื่นได้

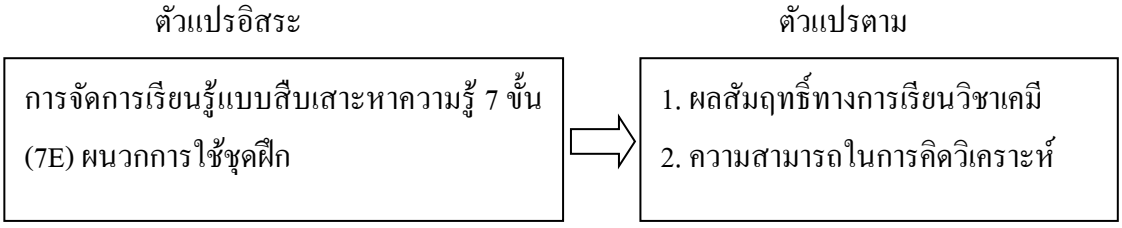
2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ได้กำหนดกรอบแนวคิดของการวิจัย ดังนี้



4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. ขอบเขตของการวิจัย

5.1 ประชากรที่ศึกษาในการวิจัย เป็นนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ จำนวน 70 คน จำนวน 2 ห้องเรียน โดยคละความสามารถ

5.2 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง พุทธศักราช 2563 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รายวิชาเคมีเพิ่มเติม2 รหัสวิชา ว30222 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เนื้อหาเรื่อง สารละลาย โดยมีหัวข้อย่อย ดังนี้

5.2.1 ความเข้มข้นของสารละลาย

5.2.2 การเตรียมสารละลาย

5.2.3 สมบัติบางประการของสารละลาย

5.3 ตัวแปรที่ศึกษาในการวิจัย มีดังนี้

5.3.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึก

5.3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการคิดวิเคราะห์

5.4 ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการทดลอง 18 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูล

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือสร้างสถานการณ์การเรียนรู้กระตุ้นความคิดผู้เรียนให้เกิดคำถาม และลงมือแสวงหาความรู้เพื่อหาคำตอบหรือข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้ด้วยตนเอง

6.2 ชุดฝึกในวิชาเคมี ได้แก่ ชุดฝึกกิจกรรม ชุดฝึกการคำนวณ และชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง เป็นสื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์เชื่อมโยง ตั้งคำถาม และหาคำตอบ ได้ด้วยตนเองตามขั้นตอนของกิจกรรมอย่างสนุกสนานด้วยความสนใจ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและมีทักษะสูงขึ้น

6.3 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมีเพิ่มเติม2 เรื่อง สารละลาย หมายถึง การจัดการเรียนการสอนโดยการใช้ทักษะกระบวนการต่างๆ เพื่อสืบเสาะ สำรวจ ทดลอง ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ใช้ชุดฝึกประกอบเป็นกิจรรมในแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) โดยแทรกอยู่ในกิจกรรมการทดลอง หรือการทำงานที่มอบหมายให้ผู้เรียนทำ เช่น ทำเป็นชุดฝึกกิจกรรม ชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง หรือชุดฝึกการคำนวณให้ผู้เรียนทำในแต่ละขั้นตอนตามความเหมาะสม โดยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย มีดังนี้

6.3.1 ผู้สอนจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียน ได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ ความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ใหม่ที่ต้องการสอน ขยายกรอบความคิดของความรู้ที่สร้างขึ้น และกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินจุดเด่นจุดด้อย ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของตนเอง โดยแทรกชุดฝึกตอบคำถามลงในขั้นค้นหาความรู้เดิมหรือความรู้พื้นฐาน (Elicit) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation)

6.3.2 ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ อยากเห็น กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม โดยแทรกชุดฝึกการเขียนแผนผังลงในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

6.3.3 ผู้สอนอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง สืบค้น และรวบรวมข้อมูล เพื่อสำรวจตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ จากนั้นนำข้อมูลจากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์แนะนำวิธีการจัดกระทำข้อมูลในรูปของตาราง กราฟ และแผนภาพ ฯลฯ ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแนวโน้ม แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล โดย

แทรกชุดฝึกการลงมือปฏิบัติลงในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) และขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

6.3.4 ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนนำข้อมูล จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แนะนำวิธีการจัดกระทำข้อมูลในรูปของตาราง กราฟ และแผนภาพ ฯลฯ ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแนวโน้ม แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล ขยายกรอบความคิดของความรู้ที่สร้างขึ้น กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินจุดเด่น จุดด้อยในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของตนเอง และกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยแทรกชุดฝึกการคำนวณลงในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extension)

6.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ และแบบอัตนัย 12 ข้อ ครอบคลุมพฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

6.5 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หมายถึง คะแนนของนักเรียนที่ได้จากการทำแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบทดสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ครอบคลุมการวิเคราะห์ 3 ด้าน ได้แก่ ด้านวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และวิเคราะห์หลักการ

7. ประโยชน์ที่ได้รับ

7.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนในวิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์อื่นๆ มีระดับที่สูงขึ้น

7.2 เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนการสอนที่ใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์อื่นๆของนักเรียนในระดับชั้นอื่นได้

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและได้เสนอผลการศึกษาค้นคว้าตามลำดับดังต่อไปนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
   1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
   1.2 ความเป็นมาและแนวคิดสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
   1.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
   1.4 บทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
   1.5 บทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
   1.6 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. การใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   2.1 ความหมายและขอบเขตของชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   2.3 การสร้างชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
   2.4 การตรวจสอบคุณภาพของชุดฝึก
   2.5 ประโยชน์ของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   3.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   3.2 ประเภทของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
   3.3 การสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
4. การคิดวิเคราะห์
   4.1 ความหมายและความสำคัญของการคิดวิเคราะห์
   4.2 ขอบเขตและประเภทของการคิดวิเคราะห์
   4.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน
   4.4 การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

4.5 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

5.1 งานวิจัยต่างประเทศ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะได้กล่าวหัวข้อความหมาย ความเป็นมาและแนวคิดสำคัญ บทบาทครูและนักเรียน และข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ทักษะกระบวนการต่างๆ เพื่อสืบเสาะ สำรวจ ทดลอง ด้วยวิธีการที่หลากหลาย เพื่ออธิบายปรากฏการณ์หรือตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ (สุทธิดา จำรัส, 2560, น. 5) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีความหมายแตกต่างกันไปตามแนวคิดของนักการศึกษาแต่ละท่าน ดังนี้

ประสาท เนืองเฉลิม (2550, น. 95) ได้ให้ความหมายการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ว่า หมายถึง เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนมีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา การจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยและนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ชัยวัฒน์ สุทธิรัฒน์ (2554, น. 93) กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบผ่านการสำรวจตรวจสอบ โดยให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมที่มีความผสมผสานระหว่างการสังเกต การใช้คำถามการค้นคว้าหาข้อมูลเพื่อช่วยสนับสนุนการทดลองให้มีประจักษ์พยานและหลักฐาน การใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แปรผล ตอบคำถาม อธิบายและทำนาย ตลอดจนการนำเสนอข้อมูล

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, น. 13) ได้กล่าวถึงการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง วิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อศึกษาสิ่งต่างๆ รอบตัวอย่างเป็นระบบ และเสนอคำอธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่ศึกษาด้วยข้อมูลที่ได้จากการทำงานทางวิทยาศาสตร์มีวิธีการที่หลากหลาย เช่น การสำรวจ การสืบค้น การทดลอง การสร้างแบบจำลอง เป็นต้น

ทิศนา แขมมณี (2557, น. 141) ได้กล่าวถึง การสอบแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การสอนที่ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเองโดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

Lawson (1995, p. 424) ได้กล่าวถึง การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยมีพื้นฐานมาจากแนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism) ไม่เน้นการสอนแบบบรรยายจากผู้สอน แต่จะกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเองภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสม โดยมีความเชื่อมั่นว่านักเรียนมีวัฏจักรการเรียนรู้อยู่แล้ว

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือสร้างสถานการณ์การเรียนรู้กระตุ้นความคิดผู้เรียนให้เกิดเกิดคำถามและลงมือแสวงหาความรู้เพื่อหาคำตอบหรือข้อสรุปจากข้อมูลที่ได้ด้วยตนเอง

1.2 ความเป็นมาและแนวคิดสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะได้กล่าวหัวข้อ ความเป็นมาและแนวคิดสำคัญของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.2.1 ความเป็นมาในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2558, น. 16) ได้กล่าวถึงที่มาของการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า การสอนแบบสืบเสาะ หรือการเรียนแบบสืบเสาะ หรือการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีมายาวนาน ตั้งแต่ ปี ค.ศ.1910 โดยจอห์น ดิวอี้ (John Dewey) ผู้เสนอแนวคิดการจัดการเรียนรู้ โดยการให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ (Learning by doing) เสนอว่าหลักสูตรให้ความสำคัญกับข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์มากจนเกินไป ขาดกระบวนการคิดและเจตคติ จอห์น ดิวอี้ จึงเริ่มนำการสืบเสาะมาสู่การสอนมาใช้ในห้องเรียน ซึ่งในขณะนั้นวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มี 6 ขั้นตอนที่แน่นอน ได้แก่ 1) สถานการณ์ที่สงสัย (sensing perplexing situations) 2) ทำความเข้าใจปัญหา (clarifying the problem) 3) ตั้งสมมติฐานเบื้องต้น (formulating a tentative hypothesis) 4) ทดสอบสมมติฐาน (testing the hypothesis) 5) ทดสอบซ้ำอย่างเข้มงวด (revising with rigorous tests) และ 6) แก้ปัญหา (acting on the solution) ในช่วงนั้นรูปแบบการสืบเสาะของจอห์น ดิวอี้ เสนอว่า นักเรียนต้องเป็นผู้ลงมือกระทำและครูเป็นผู้คอยช่วยเหลือแนะ ต่อมา ปี ค.ศ. 1916 ได้เพิ่มเติมว่า นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทาง

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนเองในการสืบเสาะได้ หลังจากนั้น มีการศึกษาเพิ่มเติมและพบว่า การสืบเสาะในห้องเรียนต้องมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์และความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียน ดังนั้น นักเรียนต้องเป็นผู้ที่กระตือรือร้น และสามารถหาคำตอบของตนเองได้ จอห์น ดิวอี้ จึงมีการปรับการตีความหมาย คำว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่จะทำให้บรรลุเป้าหมาย คือการสะท้อนกระบวนการคิด จึงเสนอว่า การสืบเสาะ ประกอบด้วย การนำเสนอปัญหา การตั้งสมมติฐาน การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง และการตั้งข้อสรุป (Barrow, 2006)

ในปี ค.ศ. 1957 หลังเหตุการณ์การส่งยานอวกาศสู่สปุทนิค 1 ไปยังอวกาศได้ครั้งแรกของสหภาพโซเวียต สหรัฐอเมริกามีการปรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยหลักสูตรวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นที่ นักเรียนให้คิดเหมือนนักวิทยาศาสตร์ และเน้นย้ำว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะเฉพาะบุคคล เช่น การสังเกต การจัดจำแนก การตีความ การควบคุมตัวแปร เป็นต้น โจเซฟชเวป (Joseph Schwab) ปี ค.ศ. 1966 เชื่อว่า นักเรียนควรมองวิทยาศาสตร์ว่าเป็นชุดของโครงสร้างทางความคิดที่มีการปรับเปลี่ยนได้เมื่อมีข้อมูลหรือหลักฐานใหม่ โจเซฟชเวปจึงเสนอว่า ลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นทั้ง “การสืบเสาะหาความรู้ที่มั่นคง (Stable inquiry)” และ “การสืบเสาะหาความรู้ที่เปลี่ยนแปลงได้ (fluid inquiry)” โดยการสืบเสาะหาความรู้ที่มั่นคงจะเกี่ยวกับการใช้ความเข้าใจในปัจจุบันเติมลงในช่องว่าง ทำให้เกิดความเข้าใจในองค์ความรู้ แต่การสืบเสาะหาความรู้ที่เปลี่ยนแปลงได้จะเกี่ยวกับการสร้างแนวคิดใหม่ๆ ที่นำไปสู่การปฏิวัติทางวิทยาศาสตร์ โจเซฟชเวป กล่าวว่า วิทยาศาสตร์ต้องสอนแบบสืบเสาะ ที่นอกจากการใช้การสำรวจตรวจสอบทางปฏิบัติการ (laboratory investigation) เพื่อศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องสามารถใช้และอ่านรายงานการวิจัยหรือหนังสือที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย มีการอภิปรายเกี่ยวกับปัญหา ข้อมูล บทบาทของเทคโนโลยี การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุปต่างๆ ของนักวิทยาศาสตร์ ที่เรียกว่า “enquiry into enquiry” (Barrow, 2006) ต่อมา Bybee (1990) โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาวิชาชีววิทยา สหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Studies หรือ BSCS) ได้ปรับวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้น หรือเรียกย่อว่า 5E เพื่อเป็นแนวทางในการใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้นโดย 5 ขั้นได้แก่

1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement Phase) เป็นขั้นตอนสร้างความสนใจให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ อยากเห็น กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถาม กำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา

2) ขั้นสำรวจ (Exploration Phase) เป็นขั้นตอนในการตรวจสอบปัญหา ดำเนินการสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติ เช่น การสังเกต การวัด การทดลองและการรวบรวมข้อมูล

3) ขั้นอธิบาย (Explanation Phase) เป็นขั้นตอนในการวิเคราะห์ และจัดกระทำข้อมูล ในรูปตาราง กราฟ แผนภาพ เป็นต้น สรุปผลและอภิปรายผลการทดลอง

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration Phase) เป็นขั้นตอนในการประยุกต์ใช้สัญลักษณ์ นิยาม คำอธิบายและทักษะไปสู่สถานการณ์ใหม่

5) ขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) เป็นขั้นตอนประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยครูและนักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

ต่อมาในปี ค.ศ.2003 Eisenkraft (2003, p. 57-59) ได้ขยายรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้จาก 5E เป็น 7E โดยปรับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนแยกออกเป็นสองส่วนคือ ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elication) และขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) และในขั้นขยายความรู้และขั้นประเมินผลได้ปรับ 3 ส่วนคือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ซึ่งสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบ 7 ขั้น หรือเรียกย่อว่า 7E มีดังนี้คือ 1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elcation) 2) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) 3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 4) ขั้นอธิบาย (Explanation) 5) ขั้นขยายความรู้ (Expansion) 6) ขั้นประเมินผล (Evaluation) และ 7) ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extension) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องกันไปในลักษณะของวัฏจักรการเรียนรู้ในขั้นตรวจสอบความรู้เดิมจะช่วยให้นักเรียนถ่ายโอนความรู้ที่มีอยู่และช่วยป้องกันไม่ให้เกิดแนวความคิดที่ผิดพลาด (Eisenkraff, 2003, p. 57) การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีขั้นตอนต่างๆ และสาระสำคัญในแต่ละขั้นดังนี้

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การดำเนินกิจกรรมเพื่อสร้างแนวคิดใหม่ สามารถทำได้โดยใช้กิจกรรมสั้นๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย อยากรู้อยากเห็นหรือเกิดคำถาม โดยกิจกรรมควรจะเชื่อมโยงประสบการณ์เดิมของผู้เรียนกับกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำลังจะปฏิบัติ ทั้งนี้มีกิจกรรมต้องช่วยจัดกรอบแนวคิดของผู้เรียนเพื่อให้สามารถเข้าใจหรือรู้จุดมุ่งหมายของการเรียนหรือกิจกรรมที่กำลังจะปฏิบัติได้

2) ขั้นค้นหาความรู้เดิม/ความรู้พื้นฐาน (Elicit) ขั้นนี้เป็นการศึกษาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องหรือในแนวคิดที่กำลังจะเรียน เพื่อให้ผู้สอนรู้ถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (misconception) ของผู้เรียนรวมไปถึงจุดเชื่อมต่อระหว่างประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่กิจกรรมใหม่ หรือเป็นการต่อยอดจากสิ่งที่ผู้เรียนรู้มาก่อนแล้ว เพราะในผู้เรียนที่มีประสบการณ์น้อย (novice learner) ความรู้วิทยาศาสตร์ที่ปรากฏในแบบจำลองในความคิด (mental model) ของผู้เรียนมักจะไม่ตรงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ (scientific concept) ทั้งนี้หากผู้สอนไม่ระวังหรือ

ไม่ได้ให้ความสนใจกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนก่อน ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนนั้นจะมีผลต่อการสร้างแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หรือเกิดผสมผสานเป็นแนวคิดที่ถูกต้องเพียงบางส่วน (partial understanding) ซึ่งมีผลให้กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้นั้นไม่เป็นไปตาที่คาดหวัง

3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นนี้เป็นหัวใจของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และเป็นขั้นที่ผู้สอนต้องอาศัยความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และวิธีสอนในการกำหนดกิจกรรมสำหรับผู้เรียนซึ่งกิจกรรมในขั้นนี้จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับธรรมชาติของเนื้อหา เช่น เนื้อหาที่เป็นนามธรรม อาจจะต้องใช้การสำรวจและค้นหาผ่านกิจกรรมสร้างแบบจำลอง หรือเนื้อหาที่ศึกษาปัจจัยหรือตัวแปร อาจจะต้องใช้กิจกรรมการทดลอง เป็นต้น ในขั้นนี้ผู้เรียนจะได้มีโอกาสใช้ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างหลากหลายรวมทั้งการฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การตั้งสมติฐาน การกำหนดตัวแปร การออกแบบ และการดำเนินการทดลอง การเก็บข้อมูล การสร้างแผนภูมิและแผนภาพ การตีความผลการสืบเสาะ การจัดระบบข้อมูลที่ได้ บทบาทของผู้สอนในขั้นนี้มีความสำคัญในฐานะผู้ตั้งคำถาม แนะนำวิธีการสืบเสาะให้ข้อเสนอแนะในแต่ละขั้นของการลงมือปฏิบัติ

4) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้สะท้อนความเข้าใจโดยการอธิบายเกี่ยวกับผลที่ได้จากกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา โดยผู้สอนต้องเชื่อมโยงไปยังคำถามที่เกิดขึ้นในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ต้องใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้นำเสนอแนวคิด รวมทั้งเปรียบเทียบกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่ได้ในขั้นค้นหาความรู้เดิม เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ การอภิปรายหรือนำเสนอสาระสำคัญของแผนการเรียนจะปรากฏในขั้นนี้ นอกเหนือจากการอธิบายและลงข้อสรุปแนวคิดแล้ว ผู้เรียนสามารถแสดงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย เพื่อให้มีรายละเอียดครอบคลุมจุดประสงค์ของบทเรียน

5) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ผู้สอนจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม โดยสามารถลงรายละเอียดในแนวคิดนั้นๆ หรือขยายแนวคิดออกไปเพื่อให้เห็นภาพรวมของสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องก็ได้ เช่น เมื่อผู้เรียนได้อธิบายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับการสืบพันธ์ของพืช ผ่านกระบวนการถ่ายละอองเรณูแล้ว ผู้สอนอาจจะออกแบบกิจกรรมให้ผู้เรียนเรียนรู้ลึกซึ้งมากขึ้นโดยขยายแต่ละขั้นของการถ่ายละอองเรณู เพื่อศึกษาการถ่ายละอองเรณูในธรรมชาติและผลที่มีต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ในขั้นขยายความรู้จะมีกิจกรรมเพิ่มเข้ามาโดยจะไม่ใช้วิธีบรรยายหรือให้ข้อมูลโดยผู้สอน

6) ขั้นใช้ความเข้าใจในสถานการณ์ใหม่ (Extension) ขั้นนี้จะแตกต่างกับขั้นขยายความรู้ คือ เป็นการให้โอกาสผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่ได้กับสถานการณ์ใหม่ เพื่อให้การเรียนรู้นั้น

มีความหมายมากยิ่งขึ้นรวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกใช้สิ่งที่ตนเองเรียนรู้มาอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ทั้งนี้รวมไปถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ด้วย

7) ขั้นประเมิน (Evaluation) ขั้นประเมินสามารถทำได้ทุกๆ ขั้นของ 5E และ 7E โดยการประเมินจะทำให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเองอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ประเมินพัฒนาการของผู้เรียน ว่าเป็นไปตามจุดประสงค์ของบทเรียนหรือไม่

ช่วงเวลาต่อๆ มา การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียน การเรียนแบบสืบเสาะ และการสอนแบบสืบเสาะก็เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วโลก รวมทั้งประเทศไทย โดยกลุ่มนักวิชาการทางการศึกษา นักจิตวิทยา มีหลากหลายกลุ่มที่ช่วยคิดค้นรูปแบบการสอนลักษณะของการเรียนแบบสืบเสาะของนักเรียนมากมาย รูปแบบการสอนที่เป็นโดยเฉพาะรูปแบบการสอนแบบ 3E ที่มีการศึกษาวิจัยกันค่อนข้างมาก ต่อมาพัฒนาเป็นรูปแบบการสอน 5E และ 7E ในปัจจุบัน อย่างเช่นประเทศไทยในช่วงปี พ.ศ. 2544-2557 สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้ดำเนินการวิจัยการศึกษาการจัดกระบวนการเรียนรู้วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้รูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) 2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation)

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีความหมายที่มีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา และมีหลายระดับครูสามารถเลือกใช้ตามระดับความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน และในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ครูสามารถเลือกขั้นตอนของวิธีการสอนได้หลายแบบ และรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่นิยมใช้กันมาก คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 5 ขั้น (5E) และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7 ขั้น (7E)

1.2.2 แนวคิดสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีนักการศึกษา มองเห็นความสำคัญของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกิจกรรมหรือวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้หรือค้นหาคำตอบของปัญหา โดยมีรากฐานมาจากทฤษฎีของ Jean Piaget ที่กล่าวถึงพัฒนาการทางสมองของมนุษย์ เป็นรากฐานที่สำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เชื่อว่าคนทุกคนจะมีการพัฒนาเชาว์ปัญญาไปตามลำดับขั้น ได้มีนักการศึกษาให้แนวคิดสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2558, น. 23) ได้กล่าวถึงลักษณะของการเรียนรู้แบบสืบเสาะว่า จากเป้าหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่นักเรียนควรได้ลงมือทำการสืบเสาะและมีความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบเสาะ นักวิทยาศาสตร์ศึกษามีความเห็นพ้องกันว่า การสืบเสาะของนักเรียนในห้องเรียนควรมีลักษณะคล้ายกับการสืบเสาะของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ด้วย The National Science Education Standards (NSES) ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ระบุลักษณะสำคัญของห้องเรียนแบบสืบเสาะ (National Research Council, 1996) ที่แสดงให้เห็นว่านักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ไว้ดังนี้

1) นักเรียนมีความสนใจ มีส่วนร่วมต่อคำถามทางวิทยาศาสตร์

2) นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่จะใช้ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

3) นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่มี

4) นักเรียนเชื่อมโยงคำอธิบายนั้นกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

5) นักเรียนสื่อสาร ถ่ายทอด ลงข้อสรุป และแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลต่อคำอธิบายนั้น

ลักษณะสำคัญดังกล่าวเป็นลักษณะพื้นฐานที่สามารถนำไปใช้ได้กับการตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ได้ ทั้งหมดที่เริ่มต้นจากคำถาม ตามด้วยการออกแบบการตรวจสอบเพื่อตอบคำถามนั้น และมาสู่การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อมาเป็นหลักฐานในการลงข้อสรุป

สมาคมครูวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (National Science Teachers Association: NSTA) (National Research Council,1996) ได้นำเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะของนักเรียน ดังนี้

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการทำ (to do) การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ครูจะต้องช่วยให้นักเรียนดำเนินการ ระบุหรือตั้งคำถามที่สามารถตอบคำถามได้ หรือการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ ออกแบบและดำเนินการสำรวจตรวจสอบเพื่อรวบรวมหลักฐานที่จำเป็นเพื่อใช้ตอบคำถาม ใช้เครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปสู่การตีความหมายหรือวิเคราะห์ข้อมูล ลงข้อสรุปโดยอาศัยการคิดวิเคราะห์และคิดอย่างมีเหตุผล เป็นการอธิบายหรือลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มี สื่อสารและแสดงความน่าเชื่อถือของผลการตรวจสอบ (การลงข้อสรุป) แก่ผู้อื่น

2) การจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสืบเสาะให้นักเรียนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ครูจะต้องช่วยให้นักเรียนเข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการถามคำถามเกี่ยวกับโลกและสิ่งต่างๆที่เกี่ยวข้องแล้วพัฒนาการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อตอบคำถามเหล่านั้น เข้าใจว่าการสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ไม่มีลำดับ

ขั้นตอนที่แน่นอนการสำรวจตรวจสอบมีความแตกต่างกันไปตามลักษณะของคำถามที่ตั้งไว้ เข้าใจว่าการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญของการเรียนวิทยาศาสตร์และสะท้อนว่าวิทยาศาสตร์นั้นดำเนินการอย่างไร เข้าใจความสำคัญของการเก็บข้อมูลเชิงประจักษ์โดยใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เหมาะสม เข้าใจว่าหลักฐานที่มีหรือหลักฐานที่รวบรวมได้สามารถเปลี่ยนการรับรู้เกี่ยวกับโลกและเพิ่มความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เห็นความสำคัญของการตั้งข้อสงสัยต่างๆ ในงานที่ตนเองทำและงานของคนอื่น และเข้าใจสังคมของวิทยาศาสตร์เป็นสังคมที่ค้นหาคำอธิบายที่หลักฐานเชิงประจักษ์และความสอดคล้องของคำอธิบายในเชิงตรรกหรือเหตุผล

3) ครูวิทยาศาสตร์ที่สอนแบบสืบเสาะ เพื่อให้นักเรียนเรียนแบบสืบเสาะและเป็นไปตามเป้าหมายของการเรียนแบบสืบเสาะ ควรดำเนินการวางแผนการสอนแบบสืบเสาะสำหรับนักเรียนโดยตั้งเป้าหมายที่จะพัฒนาทั้งเป้าหมายระยะสั้นและระยะยาว (both short and long-term goals) ที่จะบูรณาการเข้ากับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ที่จะสอน นำแผนการสอนแบบสืบเสาะไปใช้โดยให้นักเรียนได้มีโอกาสตั้งคำถาม สำรวจตรวจสอบ และสามารถใช้ประสบการณ์ของตนเองเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับโลกและธรรมชาติ การใช้วัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) เป็นยุทธวิธีหนึ่งที่จะทำให้นักเรียนได้ตั้งคำถามและอธิบายในห้องเรียน แนะนำและช่วยเหลือการเรียนรู้โดยการสืบเสาะ โดยการเลือกยุทธวิธีการสอนที่ส่งเสริมปละประเมินพัฒนาการ ทั้งความสามารถและความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ กำหนดและจัดบรรยากาศการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนมีเวลา มีโอกาส และเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ที่จำเป็นเพียงพอสำหรับการเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะ ครูควรได้รับการพัฒนาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เนื้อหาวิทยาศาสตร์ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และการจัดสรรเวลาในการที่จะสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างมีประสิทธิภาพและความสามารถในการเข้าถึงเครื่องมือและวัสดุที่จำเป็น และการจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของโปรแกรมการเตรียมครู การเตรียมครูควรจะรวมถึงการเรียนรู้ยุทธวิธีที่จะพัฒนาการตั้งคำถาม การเขียนแผนการสอนที่สนับสนุนการสร้างความเข้าใจการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ สื่อและแหล่งเรียนรู้ที่จะใช้ในการสอน การวิเคราะห์สื่อและแหล่งเรียนรู้ต่างๆ ที่จะสนับสนุนการสอนแบบสืบเสาะ

สุทธิดา จำรัส (2560, น.7) ได้อธิบายการจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ว่า โดยปกติแล้วการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไม่ยึดติดรูปแบบหรือขั้นตอน นักวิทยาศาสตร์สามารถปรับ ประยุกต์ ไปตามข้อมูล แนวคิดหรือหลักฐาน การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่รับเอาหลักการนี้มาใช้ในการเรียนการสอนมีหลายรูปแบบ แต่การจัดการเรียนการสอนที่เป็นที่นิยมและมีการใช้มาก คือ การใช้การจัดการเรียนการสอนโดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์แบบ 5E เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E เป็นรูปแบบที่มี

ขั้นตอนชัดเจนทำให้ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนและกำหนดลำดับของการเรียนรู้ในชั้นเรียนได้ง่าย เพราะเป็นการลงรายละเอียดของขั้นตอนการสอนปกติที่มักจะมี 3 ขั้น คือ ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นสอน และขั้นสรุป ซึ่งการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E จะมีขั้นตอนที่ใกล้เคียงกัน แต่กำหนดให้เอื้อต่อการเรียนรู้โดยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น การจัดการเรียนการสอนแบบ 5E เป็นที่รู้จักในประเทศไทยมานานแล้ว โดยเฉพาะสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ใช้การจัดการเรียนการสอนแบบ 5E ในการอบรมครูวิทยาศาสตร์อย่างแพร่หลาย (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) นอกจากนี้ยังพบว่าครูวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยนิยมเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบ 5E (สถาบันวิทยาศาสตร์, 2556)

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562, น. 8-9) กล่าวว่าขั้นตอนสำคัญที่เป็นพื้นฐานที่สุดของการสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วยกิจกรรม 3 อย่าง คือ 1) การทำให้นักเรียนเกิดความสนใจนำไปถึงขึ้นเกิดความสงสัย 2) การจัดการให้นักเรียนได้รับประสบการณ์เพื่อให้ได้คำตอบของสิ่งที่สนใจ หรือคำตอบของสิ่งที่สงสัย และ 3) การจัดการให้นักเรียนได้ตอบคำถามหรือแสดงข้อมูลของสิ่งที่ตนสนใจ ตามความเข้าใจของตนเอง ถ้านักเรียนได้แสดงออกตามขั้นตอนหลักของกิจกรรม 3 ขั้นนี้แล้วถือว่าครบวงจรของการสืบเสาะหาความรู้ที่เป็นพื้นฐาน แต่ถ้าเรื่องที่เรียนรู้ไปแล้วนั้นมีข้อมูลความรู้อื่นที่เป็นการต่อยอดเพิ่มเติมบนฐานเดียวกันได้ ครูก็จะเพิ่มกิจกรรมในขั้นขยายความรู้ เป็นกิจกรรมที่ 4 เพิ่มขึ้นได้อีก และเมื่อนักเรียนได้มีโอกาสประเมินหรือตัดสินสิ่งใดที่เกี่ยวข้องกับความรู้ที่ค้นพบนั้น นักเรียนก็จะได้ทำกิจกรรมที่ 5 เป็นการประเมินจึงเป็นที่มาของการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ต่อจากนั้นได้มีการเพิ่มกิจกรรมขึ้นก่อนที่จะเร้าความสนใจเป็นกิจกรรมให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมก่อน เพื่อช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมที่จะเกิดความสนใจหรือความสงสัยในขั้นเร้าความสนใจ และเพิ่มขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ในตอนท้ายเพื่อทำให้ความรู้ที่ได้ค้นพบเป็นสิ่งที่มีความหมายกับนักเรียนมากขึ้น ทำให้เกิดเป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ตามการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ที่มีรายละเอียดซับซ้อนมากขึ้น

นอกจากนั้น จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2558, น. 25) ได้กล่าวว่าในช่วงปลายทศวรรษ 1960 และต้นทศวรรษ 1971 นักวิจัยพยายามที่จะวัดระดับของการสืบเสาะจากกิจกรรมที่ใช้ในห้องเรียน ในปี ค.ศ. 1971 Marshall Herron เสนอ Herron’s Scale ในบทความ the Nation of Scientific Enquiry เป็นการแบ่งระดับของการสืบเสาะที่ยังคงไม่ใช้อ้างอิงและการศึกษาวิจัยสำหรับกิจกรรมการสืบเสาะในห้องเรียน และมีการให้รายละเอียดที่มากขึ้นแต่ก็ยังคงใช้เกณฑ์ของ Marshall Herron และ Herron’s Scale ใช้หลักเกณฑ์ที่ไม่ซับซ้อนโดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนในการดำเนินกิจกรรม 3 ขั้นตอน ของการสืบเสาะ ได้แก่ การตั้งคำถาม การดำเนินการตรวจสอบและการสรุป โดยแบ่งเป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ระดับของการสืบเสาะแบ่งผู้ที่มีบทบาทกำหนดในแต่ละขั้นตอนของการสืบเสาะ

Level	คำถาม/ปัญหา	กระบวนการตรวจสอบ	การสรุป
0 Confirmation/Verification	ครู	ครู	ครู
1 Structured Inquiry	ครู	ครู	นักเรียน
2 Guided inquiry	ครู	นักเรียน	นักเรียน
3 Open Inquiry	นักเรียน	นักเรียน	นักเรียน

ในการจัดการเรียนแบบสืบเสาะระดับต่างๆ ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ เนื้อหา และบริบทต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอน (Lederman, 2009)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, น. 13) ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้สอนสามารถออกแบบการสอนให้เหมาะสมและสอดคล้องกับเนื้อหาที่สอน สภาพห้องเรียน ความพร้อมของผู้สอนและผู้เรียน และบริบทอื่นๆ การยืดหยุ่นระดับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถอธิบายได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ลักษณะจำเป็นของการสืบเสาะหาความรู้ในชั้นเรียนและระดับของการสืบเสาะหาความรู้

ลักษณะจำเป็น	**ระดับการสืบเสาะหาความรู้**			
1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนเป็นผู้ถามคำถาม	ผู้เรียนเลือกคำถามและสร้างคำถามใหม่จากรายการคำถาม	ผู้เรียนพิจารณาและปรับคำถามที่ครูถามหรือคำภามจากแหล่งอื่น	ผู้เรียนสนใจคำถามจากสื่อการสอนหรือแหล่งอื่นๆ
2. ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม	ผู้เรียนกำหนดข้อมูลที่จำเป็นในการตอบคำถามและรวบรวมข้อมูล	ผู้เรียนได้รับการชี้นำในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น	ผู้เรียนได้รับข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์	ผู้เรียนได้รับข้อมูลและการบอกเล่าเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ลักษณะจำเป็น	ระดับการสืบเสาะหาความรู้			
3. ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ศึกษาจากหลักฐานหรือข้อมูล	ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ศึกษาหลังจากรวบรวมและสรุปข้อมูล/หลักฐาน	ผู้เรียนได้รับการชี้แนะในการสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับแนวทางที่เป็นไปได้เพื่อสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับหลักฐานหรือข้อมูล
4. ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายกับองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนตรวจสอบแหล่งข้อมูลอื่นและเชื่อมโยงกับคำอธิบายที่สร้างไว้	ผู้เรียนได้รับการชี้นำเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลและขอบเขตความรู้ทางวิทยาศาสตร์	ผู้เรียนได้รับการแนะนำถึงความเชื่อมโยงที่เป็นไปได้	ผู้เรียนได้รับการเชื่อมโยงทั้งหมด
5. ผู้เรียนสื่อสารและให้เหตุผลเกี่ยวกับการค้นพบของตน	ผู้เรียนสร้างข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลและมีหลักการเพื่อสื่อสารคำอธิบาย	ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนในการพัฒนาวิธีการสื่อสาร	ผู้เรียนได้รับแนวทางกว้างๆ สำหรับการสื่อสารที่ชัดเจนตรงประเด็น	ผู้เรียนได้รับคำแนะนำถึงขั้นตอนและวิธีการสื่อสาร
	มาก <<<<<<<< การจัดการเรียนรู้โดยผู้เรียน >>>>>>>> น้อย			
	น้อย <<<<<<<< การชี้นำโดยครูหรือสื่อการสอน >>>>>>> มาก			

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ลักษณะสำคัญของการเรียนรู้แบบสืบเสาะของนักเรียนในห้องเรียนมี 3 ขั้นตอน คือ การทำให้นักเรียนเกิดความสนใจหรือสงสัยจากปัญหาหรือคำถาม การสร้างสถานการณ์หรือกิจกรรมให้นักเรียนได้ลงมือแสวงหาความรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลกับหลักฐานเพื่อให้ได้คำตอบที่สงสัย และการลงข้อสรุปจากการข้อมูลหลักฐานที่มี สื่อสารและนำเสนอข้อสรุปที่ได้ให้แก่ผู้อื่นอย่างสมเหตุสมผล

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับแนวคิดสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถสรุปได้ว่า มีวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ของ Jean Piaget ซึ่งนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง กระบวนการเรียนการสอนเริ่มต้นจากนักเรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการคิด และกระบวนการ

สำรวจค้นหาเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบนั้นๆ และนำความรู้ที่ได้รับไปเชื่อมโยงและแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

1.3 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry process) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนค้นหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานสำคัญในการค้นหาความรู้ การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง มีดังนี้

1.3.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ไพโรจน์ ชินศิรประภา (2550, น. 25) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นการเรียนรู้ที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ โดยผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อทำให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้ง อีกทั้งสามารถพัฒนาระบบการเรียนรู้ของตนในด้านทักษะการใช้ชีวิตให้มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและที่สำคัญเป็นการส่งเสริมการปลูกฝังให้นักเรียนสามารถคิดวางแผนและทำงานอย่างเป็นระบบ ตลอดจนฝึกทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม มีความรับผิดชอบหน้าที่ควบคู่กับการมีคุณธรรมและจริยธรรม ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบครบองค์ความรู้ในทุกด้านที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตทำให้นักเรียนสามารถพึ่งตนเองได้และมีนิสัยใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต

ทิศนา แขมมณี (2554, น. 90-96) กล่าวว่า วีก็อทสกี้ (Vygotsky) และเพียเจต์ (Piaget) สนใจเรื่องการพัฒนาทางเชาว์ปัญญา กระบวนการรู้คิดหรือกระบวนการทางปัญญา ซึ่งกระบวนการรู้คิดเป็นกระบวนการของทางสมองในการปรับ เปลี่ยน ลด ตัด ขยายหรือจัดเก็บและใช้ข้อมูลที่รับเข้ามาทางประสาทสัมผัส การบอกความหมายของสิ่งที่รับรู้ความหมายของสิ่งเดียวกันสำหรับแต่ละคนมีความต่างกันทางประสบการณ์ โดยแนวคิดดังกล่าวเป็นรากฐานสำคัญของการสร้างความรู้ด้วยตนเอง คือ เป็นการให้ความสำคัญของกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ ความเข้าใจจากประสบการณ์ เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นเรื่องเฉพาะตัว การตีความหมายของสิ่งที่เรียนรู้เป็นไปตามประสบการณ์เกิดความเชื่อ ความสนใจ

ทิศนา แขมมณี (2555, น. 94-96) สรุปการนำทฤษฎีการสร้างความรู้ไปใช้ในการเรียนการสอนสามารถทำได้หลายทาง ดังนี้

1. ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ผลของการเรียนรู้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ และการตระหนักรู้ในกระบวนการนั้น เป้าหมายการเรียนรู้จะต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง

2. เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้ผู้เรียนได้รับสาระความรู้ที่แน่นอนตายตัว ไปสู่การสาธิตกระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลาย การเรียนรู้ทักษะต่างๆ จะต้องให้มีประสิทธิภาพถึงขั้นทำได้และแก้ปัญหาได้จริง

3. ผู้เรียนจะเป็นผู้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว โดยจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่างๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง

4. ในการจัดการเรียนการสอนครูจะต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคมจริยธรรม (Socio Moral) ให้เกิดขึ้น หมายถึง ผู้เรียนจะต้องมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งทางสังคมถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้ ได้แก่ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด และประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน

5. ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยผู้เรียนจะนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้ เช่น ผู้เรียนจะเลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเอง ตั้งกฎระเบียบเอง แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเอง ตกลงกันเองเมื่อมีความคิดเห็นต่างกัน เลือกผู้ร่วมงานได้เอง และรับผิดชอบในการดูแลรักษาห้องเรียนร่วมกัน

6. ครูจะมีบทบาทแตกต่างไปจากเดิม คือ จากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้ เปลี่ยนไปเป็นการให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวก และช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้

7. ในการประเมินผลการสอน เนื่องจากการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนี้ ขึ้นกับความสนใจและการสร้างความหมายที่แตกต่างกันของบุคคล ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น จึงมีลักษณะหลากหลาย ดังนั้นการประเมินผลจึงจำเป็นต้องมีลักษณะการประเมินตามจุดมุ่งหมายในลักษณะที่ยืดหยุ่นกันไปในแต่ละบุคคล ซึ่งอาจประเมินจากเพื่อน แฟ้มผลงาน รวมทั้งการประเมินตนเองด้วย

วีณา ประชากูล และ ประสาท เนืองเฉลิม (2559) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism ไว้ว่า เป็นความเชื่อพื้นฐานของการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองที่เป็นทฤษฎีทางปรัชญาและจิตวิทยาเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ที่เชื่อว่าความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียวแต่เป็นการสร้างความเข้าใจในความรู้จากประสบการณ์โดยกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเองของแต่ละบุคคลการเรียนรู้เป็นทั้ง Personal และ Social process ที่บุคคลต้องเรียนรู้เพื่อปรับความรู้ความเข้าใจโดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่อย่างมีความหมายทำให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (Cognitive structure) ที่ใช้

ทั้งกระบวนการดูดกลืน (Assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะ (Accommodation) ช่วยทำให้เกิดสภาวะสมดุล

จากที่กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีต่างๆ และเป็นการจัดการเรียนรู้ให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้น ประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง กระบวนการเรียนรู้ (Process of leaning) โดยครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง โดยให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำเอง และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีคอนสตัคติวิสต์เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้นเสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้นการที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Process)

1.3.2 ทฤษฎีพหุปัญญา (Theory of Multiple Intelligences)

Gardner (1983) เสนอแนวคิดเรื่องเชาว์ปัญญา โดยการ์ดเนอร์ให้ความหมายของเชาว์ปัญญาไว้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาในสภาพแวดล้อมต่างๆ หรือการสร้างสรรค์ผลงานต่าง ๆ ทฤษฎีพหุปัญญากล่าวว่าความสามารถของบุคคลมีอย่างน้อย 8 ประการ โดยที่แต่ละบุคคลจะมีความสามารถแต่ละด้านไม่เท่ากันสอดคล้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายที่ส่งเสริมเชาว์ปัญญารอบด้าน มีการประเมินความสามารถของผู้เรียนด้วยสถานการณ์ที่ต้องใช้ความสามารถหลายๆ ด้านในการแก้ปัญหา

ในความคิดของการ์ดเนอร์ เชาว์ปัญญาของบุคคลประกอบด้วยความสามารถ 3 ประการ คือ

1) ความสามารถในการแก้ปัญหาในสภาพการณ์ต่างๆ ที่เป็นไปตามธรรมชาติและตามบริบททางวัฒนธรรมของบุคคลนั้น

2) ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานที่มีประสิทธิภาพและสัมพันธ์กับบริบททางวัฒนธรรม

3) ความสามารถในการแสวงหาหรือตั้งปัญหาเพื่อหาคำตอบและเพิ่มพูนความรู้

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, น.148) ได้กล่าวถึง แนวทางการนำทฤษฎีพหุปัญญามาใช้ในการเรียนรู้ มีดังนี้

1) ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมที่หลากหลายที่สามารถส่งเสริมเชาว์ปัญญาหลายๆ ด้าน มิใช่มุ่งพัฒนาแต่เพียงเชาวน์ปัญญาด้านใดด้านหนึ่งเนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีเชาวน์ปัญญาแต่ละด้านไม่เหมือนกัน

2) ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการในแต่ละด้านของผู้เรียน เนื่องจากผู้เรียนมีระดับพัฒนาการในเชาวน์ปัญญาแต่ละด้านไม่เท่ากัน

3) การสอนควรเน้นการส่งเสริมความเป็นเอกลักษณ์หรือลักษณะเฉพาะของแต่ละคน

4) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้หลายๆ ด้าน ระบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ควรจะต้องมีการปรับเปลี่ยนไปจากแนวคิดเดิมที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อวัดความสามารถทางเชาวน์ปัญญาหลายๆ ด้าน และในแต่ละด้านควรเป็นการประเมินในสภาพการณ์ของปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วย

ชนาธิป พรกุล (2554, น. 95-100) ได้กล่าวถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีพหุปัญญาว่า ทฤษฎีพหุปัญญาเป็นทฤษฎีที่ช่วยนักการศึกษาและครูในการจัดการศึกษาโดยให้ความสำคัญกับความสนใจ และความสามารถของผู้เรียนทุกคน ทำให้โรงเรียนสามารถจัดขอบเขตของความรู้ได้กว้างขวางและหลากหลายยิ่งขึ้น โดยการนำทฤษฎีพหุปัญญาไปใช้จัดการเรียนการสอน ครูไม่ต้องเปลี่ยนเนื้อหาในหลักสูตร แต่ต้องเปลี่ยนวิธีสอนให้เข้ากับวิธีเรียนรู้ หรือเชาว์ปัญญาของผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจสิ่งที่ครูสอนอย่างลึกซึ้ง วิธีสอนที่หลากหลายจะสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนสนใจบทเรียน และเมื่อทำการวัดผล ผู้เรียนสามารถแสดงความรู้ของเขาด้วยวิธีต่าง ๆ ตามความถนัดหรือเชาว์ปัญญา การเรียนการสอนจะไม่เป็นสิ่งที่ทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายหรือเครียดอีกต่อไป การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมพหุปัญญาทำได้ 2 วิธี ดังนี้

1) การสอนพหุปัญญาโดยตรง

ครูส่วนใหญ่ต้องการสอนตามหลักสูตร ไม่ต้องการนำสิ่งใดไปเพิ่มเติม ซึ่งมีเนื้อหาอัดแน่นอยู่แล้ว การสอนพหุปัญญาโดยตรงไม่จำเป็นต้องเกี่ยวข้องกับหลักสูตร แต่จะเป็นประโยชน์กับการสอนเนื้อหาในหลักสูตร เพราะผู้เรียนมีทักษะด้านต่าง ๆ มาแล้ว ครูจึงไม่ต้องฝึกอีก การสอนพหุปัญญาแต่ละด้าน ครูควรเริ่มด้วยการพูดคุย ให้ผู้เรียนเข้าใจเชาว์ปัญญาแต่ละด้านในเรื่องความสามารถ ความถนัด ความชอบ และการพัฒนาจนความสามารถเป็นที่ประจักษ์ แล้วจึงให้ผู้เรียนทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

(1) ด้านภาษา ได้แก่ พยัญชนะ เสียง การสะกดคำ การอ่าน การเขียน การฟัง การพูด การอภิปราย การรายงานปากเปล่า การเล่นเกมเกี่ยวกับคำหรือปริศนาอักษรไขว้

(2) ด้านตรรกะและคณิตศาสตร์ ได้แก่ จำนวน การคำนวณ การชั่ง ตวง วัด เรขาคณิต สถิติ ความน่าจะเป็น การแก้ปัญหา ตรรกะ การเขียนภาพ

(3) ด้านมิติสัมพันธ์ ได้แก่ ดูภาพยนตร์ วีดิทัศน์ รูปภาพ การสาธิต สร้างแบบจำลองภาพ ระบายสี ปั้นรูป เขียนแผนที่หรือไดอะแกรม เล่นต่อภาพ สร้างจินตนาการ

(4) ด้านดนตรี ได้แก่ ฟังดนตรี ร้องเพลง ผิวปาก ฮัมเพลง สร้างเครื่องดนตรี แต่งเพลง ศึกษาเสียงในธรรมชาติ และดนตรี เคลื่อนไหวตามจังหวะเสียง

(5) ด้านการเคลื่อนไหวร่างกาย ได้แก่ ใช้กล้ามเนื้อมัดเล็กมัดใหญ่ ทำกิจกรรมพลศึกษา สร้างหรือประดิษฐ์สิ่งของ สร้างรูปแบบจำลอง เต้นรำ เล่นกีฬา ใช้ภาษา การฝึกการใช้ตาและมือพร้อมกัน

(6) ด้านการเข้าใจผู้อื่น ได้แก่ เรียนรู้แบบร่วมมือ ทำโครงงานกลุ่ม แก้ปัญหาการขัดแย้ง ลงมติของกลุ่ม ทำกิจกรรมทางสังคม ฝึกความร่วมมือ ความเห็นใจ

(7) ด้านการเข้าใจตนเอง ได้แก่ แสดงความรู้สึก สะท้อนความคิด วิเคราะห์ตนเอง สร้างความเชื่อมั่น ควบคุมตนเอง ทำให้สำเร็จ บริหารเวลา วางแผนอนาคต

(8) ด้านการเข้าใจธรรมชาติ ได้แก่ ศึกษาพืช สัตว์ สถานที่ ปลูกพืช เลี้ยงสัตว์

(9) ด้านการเข้าใจความเป็นอยู่ ได้แก่ ศึกษาการเกิด การตาย หลักศาสนา ความเชื่อ พิธีกรรม

ถ้าครูเลือกสอนพหุปัญญาด้วยวิธีนี้ ครูจะต้องพยายามเลือกสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ และได้แสดงความสามารถด้านนั้น

2) การสอนพหุปัญญาโดยวิธีบูรณาการ การบูรณาการพหุปัญญาในบทเรียนทำได้ 2 แบบ ได้แก่

(1) แบบสหวิทยาการ เป็นการจัดบทเรียนเป็นหัวข้อหรือหน่วย (theme) ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมในศูนย์การเรียนรู้ 8 ศูนย์

(2) แบบพหุวิทยาการ เป็นการสอดแทรก (infuse) พหุปัญญาเข้าไปในบทเรียนที่ครูสอน

ทิศนา แขมมณี (2555, น. 89-90) สรุปการประยุกต์ใช้ทฤษฎีในการเรียนการสอนการนำทฤษฎีพหุปัญญาไปใช้ในการเรียนการสอนสามารถทำได้หลากหลาย ดังนี้

1) เนื่องจากผู้เรียนมีเชาวน์ปัญญาแต่ละด้านไม่เหมือนกัน ดังนั้นในการจัดการเรียนการสอนควรมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายที่สามารถส่งเสริมเชาว์ปัญญาหลาย ๆ ด้าน

2) เนื่องจากผู้เรียนมีเชาว์ปัญญาแต่ละด้านไม่เหมือนกัน ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับขั้นการพัฒนาการในแต่ละด้านของผู้เรียน

3) เนื่องจากผู้เรียนมีเชาว์ปัญญาแต่ละด้านไม่เหมือนกัน การผสมผสานของความสามารถด้านต่างๆ ที่มีอยู่นี้ไม่เท่ากัน ทำให้เกิดเป็นเอกลักษณ์หรือลักษณะเฉพาะของแต่ละคนซึ่งไม่เหมือนกัน

4) ระบบการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ควรจะต้องมีการปรับเปลี่ยนไปจากแนวคิดเดิมที่ใช้การทดสอบเพื่อวัดความสามารถทางเชาว์ปัญญาเพียงด้านใดด้านหนึ่งเท่านั้น วิธีการประเมินผลที่ดีควรมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน และในแต่ละด้านควรประเมินในสภาพการณ์ของปัญหาที่สามารถแก้ปัญหาได้ด้วยอุปกรณ์ที่สัมพันธ์กันเชาวน์ปัญญาด้านนั้นๆ ซึ่งการประเมินจะต้องครอบคลุมความสามารถในการแก้ปัญหา

จากทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สรุปได้ว่า นักเรียนต้องค้นหาความรู้ด้วยตนเอง โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองและทฤษฎีพหุปัญญา โดยทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมอง นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้โดยเชื่อมความสัมพันธ์กับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมกับความรู้ใหม่ ทฤษฎีพหุปัญญาจะเป็นความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์ผลงานต่าง ๆ

1.4 บทบาทครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้มีนักการศึกษาให้ความสำคัญของบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

CallaHan, et al. (1998, p. 261-262) ได้กล่าวถึง บทบาทของครูในการที่จะจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1) ครูมีหน้าที่ให้คำแนะนำกับนักเรียนมากกว่าบอกให้นักเรียนทำตาม

2) ครูตั้งคำถาม เลือกประเด็นที่น่าสนใจเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนพยายามค้นหาคำตอบ

3) ในขณะที่นักเรียนค้นหาคำตอบ ครูควรแนะนำให้ค้นพบโดยหาความชัดเจนกับปัญหา

4) ครูพยายามสร้างบรรยากาศในชั้นเรียนที่เป็นการส่งเสริมการสร้างข้อคาดเดาการตั้งข้อสงสัยและการคิดแก้ปัญหา

5) สนับสนุนให้นักเรียนตั้งสมมติฐานและเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบสมมติบานด้วยตนเอง

6) ช่วยนักเรียนในการวิเคราะห์และประเมินความคิดของตนเอง โดยเปิดโอกาสให้มีการอภิปรายเปิดในชั้นเรียน และพยายามกระตุ้นให้นักเรียนพยายามคิดโดยไม่มีการข่มขู่เมื่อคำตอบไม่เป็นไปตามที่คาดหวัง

การที่จะจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ให้ประสบความสำเร็จนั้น ครูต้องมีคุณสมบัติและปฏิบัติหน้าที่ในประเด็นหลัก ๆ ต่อไปนี้ โดยตัวครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ถูกต้อง มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอและรู้ความสามารถของตนเอง ในการจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ครูวิทยาศาสตร์จะมีบทบาทเป็นผู้เรียนรู้เสมอภาคกับผู้เรียนไม่ใช่ครูเป็นผู้นำการเรียนรู้ และสนับสนุนให้นักเรียนได้ใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ ร่วมมือร่วมใจและมีความรับผิดชอบในการทำงาน ให้นักเรียนได้มีโอกาสพูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็น และให้นักเรียนเข้าใจว่าพฤติกรรมและการปฏิบัติอะไรที่ต้องแสดงออกมา (National Research Council, 2000, p. 245)

ธีรวัฒน์ ดวงใจดี (2550, น. 73) กล่าวถึงบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สอดคล้องกันว่า

1) เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยกำหนดปัญหาหรือตั้งคำถามให้นักเรียนวางแผนหาคำตอบเอง หรือกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดปัญหาและวางแผนคำตอบเอง

2) เป็นผู้ให้การเสริมแรง รางวัล กล่าวชม ให้กำลังใจเพื่อให้เกิดพฤติกรรมการเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

3) เป็นผู้ให้ข้อมูลย้อนกลับโดยการบอกข้อดี ข้อบกพร่องแก่นักเรียน

4) เป็นผู้แนะนำเพื่อให้เกิดความคิดและกำกับไม่ให้ออกนอกลู่นอกทาง

5) เป็นผู้จัดระบบ บรรยากาศการเรียนรู้และสิ่งแวดล้อม

ประสาท เนืองเฉลิม (2552, น. 27-30) กล่าวว่า การนำวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E ไปใช้ ครูควรจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับบทบาทครูและบทบาทนักเรียน เพื่อช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ บทบาทครูและนักเรียนในการเรียนการสอนโดยใช้วิธีการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงบทบาทของครูและนักเรียนในการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน

ขั้นเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ตรวจสอบความรู้เดิม (Elicit)	- ตั้งคำถาม/กำหนดประเด็นปัญหา - กระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิม - ตรวจสอบความรู้ประสบการณ์เดิมของนักเรียน - เติมเต็มประสบการณ์เดิม - วางแผนการจัดการเรียนรู้	- ตอบคำถามตามความเข้าใจตนเอง - แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - อภิปรายร่วมกันระหว่างครูกับนักเรียน และนักเรียนกับนักเรียน
2. เร้าความสนใจ (Engage)	- สร้างความสนใจ - กระตุ้นให้ร่วมกันคิด - ตั้งคำถามกระตุ้นให้คิด - สร้างความกระหายใคร่รู้ - ยกตัวอย่างประเด็นที่น่าสนใจ - จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ	- ถามคำถามตามประเด็น - แสดงความสนใจในเหตุการณ์ - กระหายอยากรู้คำตอบ - แสดงความคิดเห็นและนำเสนอความคิด - นำเสนอประเด็น/สถานการณ์ที่สนใจ
2. เร้าความสนใจ (Engage) (ต่อ)	- ดึงคำตอบที่ยังไม่ชัดเจนนัก มาคิดและอภิปรายร่วมกัน	- อภิปรายประเด็นที่ต้องการทราบ
3. สำรวจค้นหา (Explore)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันใน การสำรวจตรวจสอบ - ซักถามนักเรียนเพื่อนำไปสู่สำรวจค้นหา - สังเกตและรับฟังความคิดเห็นของนักเรียน - ให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษาแก่นักเรียน - ให้กำลังใจและเสนอประเด็นที่ชี้แนะแนวทาง - นำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจ - ตรวจสอบ - ทดสอบการคาดคะเนสมมติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกกับคนอื่น ๆ - บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น - ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้สำรวจตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมคุณธรรม จริยธรรมทางวิทยาศาสตร์ - ส่งเสริมและพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน	- ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบ - เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์ - มีจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์
4. อธิบาย (Explain)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดและแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของตัวเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลอย่างเหมาะสม - ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและบ่งชี้ประเด็นที่สำคัญจากปรากฏการณ์ได้ - ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเองเป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - รับฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างสร้างสรรค์ - คิดวิเคราะห์วิจารณ์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ - ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย - อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมา - ให้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบคำอธิบาย
5. ขยายความรู้ (Elaborate)	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างสร้างสรรค์ - ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ในสถานการณ์ใหม่	- นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามตามความมุ่งหมายของการทดลอง - บันทึกการสังเกตข้ออธิบาย

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	- ส่งเสริมให้นักเรียนได้นำความรู้ที่เรียนมาไปปรับประยุกต์ใช้ตามบริบท - เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อธิบายความรู้ความเข้าใจอย่างหลากหลาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐาน และถามคำถามที่เกี่ยวกับสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้	- ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อน ๆ
6. ประเมินผล (Evaluate)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปปรับใช้ - ประเมินความรู้และทักษะนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิดในประเด็นต่าง ๆ หรือสถานการณ์ที่กำหนดได้	- ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยานหลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับได้ - แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง จากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสำรวจตรวจสอบต่อไป

ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
7. นำความรู้ไปใช้ (Extend)	- กระตุ้นให้นักเรียนตั้งข้อคำถามตามประเด็นที่สอดคล้องกับบริบท - กระตุ้นให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปปรับใช้ - แนะแนวทางในการนำความรู้เดิมไปสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ - ปรับปรุงวิธีการจัดการเรียนการสอน	- นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม - ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา - มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

ที่มา : ประสาท เนืองเฉลิม (2552, น. 27-30)

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562,น. 10-13) ได้อธิบายบทบาทของผู้สอนตามขั้นตอนการสอนโดยการสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E ไว้ดังนี้

1) ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit) ผู้สอนจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้/ความเข้าใจ ความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ใหม่ที่ต้องการสอน โดยการตั้งคำถามให้ตอบ/กระตุ้นให้เล่าเรื่องราวต่างๆ ให้ทำแบบทดสอบสั้นๆ

2) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ผู้สอนจัดกิจกรรม/สร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้นยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ อยากเห็น กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม โดยการสาธิต การทดลอง/นำเสนอข้อมูลที่น่าสงสัย/การนำเสนอข่าวเหตุการณ์ที่น่าสงสัย

3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ผู้สอนอำนวยความสะดวก/ให้คำแนะนำส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งสมติฐาน และวางแผนการทดลอง/สืบค้น และรวบรวมข้อมูล เพื่อสำรวจตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

4) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนนำข้อมูลจากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์แนะนำวิธีการจัดกระทำข้อมูลในรูปของตาราง กราฟ แผนภาพ ฯลฯ ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแนวโน้ม/แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยตั้งคำถามนำทางให้ผู้เรียนได้สรุปและอภิปรายผลการทดลอง/ข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น อย่างมีเหตุผล กระตุ้นให้ผู้เรียนตรวจสอบความสอดคล้องของผลการทดลองกับสมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้

5) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นและอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ/เพิ่มเติมความสมบูรณ์/ขยายกรอบความคิดของความรู้ที่สร้างขึ้นโดย 1) ตั้งประเด็นให้ผู้เรียนอภิปราย แสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมเกี่ยวกับความรู้ใหม่ที่ผู้เรียนนำเสนอไว้ หรือ 2) ซักถามให้ผู้เรียนเกิดความชัดเจนหรือกระจ่างในความรู้/ข้อค้นพบที่ผู้เรียนนำเสนอไว้ หรือ 3) ตั้งคำถาม/ประเด็นให้ผู้เรียนได้เชื่อมโยงความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นกับความรู้เดิม หรือ 4) กระตุ้นให้เกิดข้อสงสัยใหม่ในเรื่องที่ต่อเนื่องกับความรู้ที่ได้ค้นพบ และเปิดโอกาสให้ทำการสำรวจและค้นหาและอธิบายลงข้อสรุปใหม่อีกรอบ

6) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินจุดเด่น จุดด้อยในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของตนเองโดย 1) ให้ผู้เรียนตรวจสอบความรู้ของตนเองกับผู้เรียนคนอื่นๆ หรือ 2) ให้ผู้เรียนพูดถึงวิธีการสืบเสาะหาความรู้ของตนเอง หรือ 3) ให้ผู้เรียนนำความรู้หรือแบบจำลอง หรือแบบแผนผังความรู้ไปอธิบาย หรือประยุกต์ใช้กับเหตุการณ์หรือเรื่องอื่น ๆ

7) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extend) ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดย 1) กำหนดประเด็นปัญหาให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหา 2) กำหนดงานให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้ในการคิดสร้างสรรค์ผลงานที่นำไปใช้ประโยชน์ได้ในลักษณะต่าง ๆ ที่หลากหลาย

ดังนั้นบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูต้องเป็นผู้สร้างสถานการณ์หรือกำหนดปัญหาให้ คอยกระตุ้นนักเรียนให้มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ เป็นผู้เตรียมความพร้อมในการจัดกิจกรรม จัดหาวัสดุอุปกรณ์เพื่ออำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้า เป็นผู้ถามคำถามต่าง ๆ ที่จะนำทางให้นักเรียนค้นหาความรู้เพื่อตอบข้อสงสัย

1.5 บทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้มีนักการศึกษาให้ความสำคัญของบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 7) ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับบทบาทของนักเรียนโดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1) พยายามค้นพบสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง

2) ใช้หลักการต่างๆ ใช้ทักษะการสังเกต การใช้เครื่องมือ การดำเนินการทดลอง การบันทึกข้อมูลการอภิปราย และการลงข้อสรุปซึ่งนำไปสู่การคิดและหลักเกณฑ์ที่สำคัญของบทเรียน

3) แสดงความรู้สึกหรือความคิดเห็นอย่างอิสระและมีเหตุผล

4) พูดซักถามหรือโต้แย้งในสิ่งที่นักเรียนเชื่อมั่นและเหตุผล

ประสาท เนืองเฉลิม (2550, น. 28-30) ได้ให้ข้อเสนอแนะสำหรับบทบาทนักเรียนในการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ไว้ดังนี้

1) ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicit)

(1) ตอบคำถามตามความเข้าใจของตนเอง

(2) แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ

(3) อภิปรายร่วมกันระหว่างครูผู้สอนกับนักเรียนและนักเรียนกับนักเรียน

2) ขั้นเร้าความสนใจ (Engage)

(1) ถามคำถามตามประเด็น

(2) แสดงความสนใจในเหตุการณ์

(3) กระหายอยากรู้คำตอบ

(4) แสดงความคิดเห็นและนำเสนอความคิดเห็น

(5) นำเสนอประเด็น/สถานการณ์ที่สนใจ

(6) จัดสถานการณ์ให้นักเรียนสนใจ

3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)

(1) คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมสำรวจและตรวจสอบ

(2) ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน

(3) คาดคะเนและตั้งสมมติฐานใหม่

(4) พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกกับคนอื่นๆ

(5) บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น

(6) ลงข้อสรุปบนพื้นฐานของข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือได้

(7) ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบ

(8) เสริมสร้างเจตคติทางวิทยาศาสตร์

(9) มีจรรยาบรรณของนักวิทยาศาสตร์

4) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)

(1) อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้

(2) รับฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างสร้างสรรค์

(3) คิดวิเคราะห์วิจารณ์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ

(4) ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย

(5) รับฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย

(6) อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว

(7) ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกตประกอบคำอธิบาย

5) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate)

(1) นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบไปปรับประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม

(2) ใช้ข้อมูลเดิมในการถามตามความมุ่งหมายของการทดลอง

(3) บันทึกการสังเกตและข้ออธิบาย

(4) ตรวจสอบความเข้าใจตนเองด้วยการอภิปรายข้อค้นพบกับเพื่อนๆ

6) ขั้นประเมิน (Evaluate)

(1) ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยานหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับได้

(2) แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเองจากกิจกรรมสำรวจตรวจสอบ

(3) ประเมินผลตนเองว่าได้เรียนรู้อะไรบ้าง

(4) เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้การสำรวจตรวจสอบต่อไป

7) ขั้นนำไปใช้ (Extend)

(1) นำความรู้ที่ได้ไปปรับใช้อย่างเหมาะสม

(2) ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระไปสู่การแก้ปัญหา

(3) มีคุณธรรม จริยธรรม ในการนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวัน

ฉัฐภิมณฑ์ เพชรศักดิ์วงศ์ (2552, น.100) กล่าวถึงบทบาทของผู้เรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ว่า

1) กำหนดปัญหา

2) วางแผน ออกแบบการทดลอง

3) ค้นหาความรู้ ปฏิบัติการทดลอง

4) อภิปรายและสรุป

5) ซักถามและแสดงความคิดเห็น

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562, น.10-13) ได้อธิบายบทบาทของผู้สอนตามขั้นตอนการสอนโดยการสืบเสาะหาความรู้แบบ 7E ไว้ดังนี้

1) ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit) ผู้เรียนแสดงความรู้เดิมที่สามารถเชื่อมโยงได้กับความรู้ใหม่จากสถานการณ์ที่ผู้สอนจัดให้ โดยการตอบคำถาม

2) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ผู้เรียนแสดงความสนใจ/สงสัย/อยากรู้คำตอบของข้อมูลใหม่ โดยการตั้งคำถามในประเด็นของสิ่งที่สนใจ/สงสัย

3) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ผู้เรียนทำงานในลักษณะต่างๆ เพื่อค้นพบคำตอบของสิ่งที่สนใจ/สงสัย ที่ระบุไว้ในขั้นสร้างความสนใจ

4) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ผู้เรียนนำคำตอบที่เป็นข้อมูลจากการทำงานในขั้นสำรวจและค้นหามาประมวล/สังเคราะห์ เพื่อตอบคำถามสิ่งที่สนใจ/สงสัย ที่ตั้งประเด็นไว้ในขั้นสร้างความสนใจ

5) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ผู้เรียนศึกษาข้อมูลใหม่เพิ่มเติมจากฐานความรู้ที่ได้ค้นพบ เป็นความรู้ที่ต่อเนื่องกันทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ประเด็นเดิมแต่มีขอบเขตกว้างขวางมากขึ้น หรือตรวจสอบความรู้เดิมให้มีความชัดเจนสมบูรณ์มากขึ้น

6) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ผู้เรียนประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองและกระบวนการที่ทำให้เกิดการเรียนรู้

7) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extend) ผู้เรียนนำความรู้ที่ได้จากการค้นพบไปใช้แก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ผลงาน

สรุปได้ว่าบทบาทนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ต้องอาศัยบทบาทของครูผู้สอนและบทบาทของผู้เรียนที่ต้องปฏิบัติกิจกรรมร่วมกัน โดยนักเรียนต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติ ทดลอง บันทึกข้อมูลเก็บรวบรวมข้อมูล และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง โดยการหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่พบเห็นแล้วสรุปให้เป็นแนวคิด หรือหลักการต่าง ๆ

1.6 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ได้มีนักการศึกษาให้ความสำคัญของข้อดีและข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

1.6.1 ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

Joyce, & Weil (1986, p.67) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีข้อดี ดังนี้

1) เป็นวิธีที่ยั่วยุให้นักเรียนต้องการเรียนรู้ด้วยตนเอง

2) เป็นวิธีการจัดการเรียนที่ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และส่งเสริม ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีคุณค่าให้กับนักเรียน

3) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียน ฝึกให้รู้จักการทำงานเป็นกลุ่มตามระบบประชาธิปไตย

ภพ เลาหไพบูลย์ (2552, น. 126) ได้สรุปข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจึงมีการอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

2) นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิดและวิธีสืบเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ คือ ทำให้สามารถจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

3) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4) นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนทัศน์และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5) นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552, น. 332) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1) นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากรู้อยู่ตลอดเวลา

2) นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีจัดระบบความคิด และวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงคนและถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3) นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4) นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5) นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการสอนวิทยาศาสตร์

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558, น. 49-50) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1) ผู้เรียนได้ประสบการณ์ตรงจากการเรียนรู้ มีโอกาสได้ศึกษา สำรวจค้นหา รวบรวมข้อมูล บันทึก ทดสอบความคิด ทดลองปฏิบัติด้วยตนเอง และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

2) ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกันกับผู้อื่น รู้จักอภิปรายแสดงความคิดเห็นระหว่างกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นอย่างมีเหตุผล

3) ผู้เรียนรู้จักคิดแก้ปัญหา คิดตัดสินใจ คิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ความรู้และทักษะ

4) ผู้เรียนรู้จักประเมินการทำงานด้วยตนเอง และนำผลการประเมินไปปรับปรุงและพัฒนาให้ดีขึ้น

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และราเชน มีศรี (2559, น. 21) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้โดยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังนี้

1) นักเรียนสร้างความสัมพันธ์จากการสังเกตส่วนต่าง ๆ เพื่อจะตอบปัญหาตรงนี้ทำให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดจากข้อมูลที่มีและนักเรียนได้แสวงหาข้อมูลเอง ได้ประสบการณ์ตรง ได้พัฒนาการคิด หรือกระตุ้นความคิดจากกิจกรรมการเรียนตลอดเวลา

2) การอธิบายเป็นผลมาจากการสำรวจ ทำให้นักเรียนทำการสำรวจอย่างมีความหมายตื่นตัวที่จะทำการสำรวจอย่างจริงจัง และฝึกทักษะการสื่อสาร นักเรียนได้กล้าแสดงความคิด ตัดสินใจ และมีความเชื่อมั่นในตนเอง

3) นักเรียนมีความชัดเจนในมโนทัศน์มากขึ้นครอบคลุมมากขึ้น ก็โดยการให้โอกาสนักเรียนได้เกี่ยวข้องกับปัญหาใหม่ สถานการณ์ใหม่ เพื่อเสริมความเข้าใจที่ได้จากการสำรวจ นักเรียนได้แลกเปลี่ยนข้อคิด ข้อมูลกับกลุ่มเพื่อ เพื่อปรับขยายถ่ายโยงความคิด

4) คำตอบของปัญหาแต่ละปัญหาได้มาจากการกระทำกิจกรรมหรือการปฏิบัติ การทดลองซึ่งทำให้นักเรียนเห็นคุณค่าของการทดลอง ได้คำตอบด้วยตัวนักเรียนเองอาจจะเป็นคำตอบที่ได้แลกเปลี่ยนข้อคิด ข้อมูลกับกลุ่มเพื่อน เพื่อปรับขยายถ่ายโยงความคิด

5) ให้โอกาสนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมิน ทำให้ภาพของการประเมินชัดเจนมีความถูกต้องสูง และเป็นการฝึกการประเมินให้กับนักเรียน

จากการศึกษาข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ว่า ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่มุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สนับสนุนส่งเสริมผู้เรียนได้พัฒนาความคิดอย่างเป็นระบบโดยการสืบค้นข้อมูลและเสาะแสวงหาด้วยตนเองเพื่อสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ ทำให้เกิดเป็นการจำแบบยั่งยืน

1.6.2 ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

บัวลอย อุ่นนันกาศ (2550, น. 63) กล่าวถึงข้อจำกัดของวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า

1) ครูและนักเรียนไม่ชำนาญในการใช้คำถาม จะทำให้ได้ข้อสรุปช้า

2) บทเรียนยาก ครูอาจต้องใช้การอธิบายหรือวิธีการอื่น ๆ ประกอบกับเน้นการให้ผู้เรียน

3) ครูต้องตระหนักในบทบาท โดยเน้นกระบวนการมากกว่าผลที่ได้จากกระบวนการ

4) ครูต้องตรวจสอบว่า ได้จัดสิ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้เรียนอย่างเพียงพอและมีสื่อและแหล่งวิทยากรที่เหมาะสม

ภพ เลาหไพบูลย์ (2552, น.126) ได้สรุปข้อจำกัดของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1) ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2) ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้น่าสงสัย แปลกใจ จะทำให้นักเรียนเบื่อหน่าย และครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้ มุ่งควบคุมพฤติกรรมของนักเรียนมากเกินไป จะทำให้นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3) นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจไม่สามารถศึกษาหาความรู้ได้ด้วยตนเองได้

4) นักเรียนบางคนยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอ ทำให้ขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดการกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้

5) ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการศึกษาค้นคว้าลดลง

จากการศึกษาข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถสรุปได้ว่า ข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือในการจัดการเรียนรู้แต่ละครั้งใช้เวลามากอาจทำให้ได้เนื้อไม่ครบตามกำหนด อาจจะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายได้ง่าย ทำให้ขาดแรงจูงใจในการสืบค้นหาข้อเท็จจริง และถ้าคำถามหรือสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้น ไม่ชวนสงสัย ยิ่งจะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่ายบทเรียนเร็วขึ้น อาจทำให้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบนี้ไม่ได้ผลเท่าที่ควร

2. การใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะได้กล่าวถึงหัวข้อ ความหมายและขอบเขตของชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การสร้างชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การตรวจสอบคุณภาพ และประโยชน์ของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

2.1 ความหมายและขอบเขตของชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะได้กล่าวถึงหัวข้อ ความหมายและขอบเขตของชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมาย ดังต่อไปนี้

2.1.1 ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สื่อประสมที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ฝึกฝนให้ผู้เรียนมีทักษะกระบวนการของวิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมการทำงานตามกระบวนการที่กำหนดไว้อย่างเป็นระบบโดยใช้สื่อหลายๆ อย่างประกอบกันเป็นสื่อประสมเรียกว่า ชุดฝึก (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2561, น. 36) ในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นทักษะย่อยบางทักษะ เช่น ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการทดลอง จึงได้นำความต้องการดังนี้มากำหนดเป็นขอบเขตของการผลิตและใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในตอนนี้ ได้แก่ ชุดฝึกกิจกรรม ชุดฝึกการคำนวณ และชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง ซึ่งมีความหมายแตกต่างกันไปตามแนวคิดของนักการศึกษาแต่ละท่าน ดังนี้

พรชัย ผาดไธสง (2545, น. 31) กล่าวว่าชุดฝึกทักษะเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนโดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเอง ช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้ทักษะเพิ่มมากขึ้น นักเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนาน

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ และคนอื่นๆ (2545, น. 5-7) กล่าวเกี่ยวกับชุดฝึกทักษะไว้ว่าชุดฝึกทักษะเป็นคู่มือเพื่อให้ผู้สอนใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการจัดกิจกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ให้แก่นักเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ราชบัณฑิตยสถาน (2546, น. 641) ให้ความหมายของชุดฝึกหรือแบบฝึกหัดว่า หมายถึงแบบตัวอย่างปัญหาหรือคำสั่งที่ตั้งขึ้นเพื่อให้นักเรียนฝึกตอบ

ณัฏฐญาณี เพชรผา (2548, น. 26) ให้ความหมายของแบบฝึกเสริมทักษะไว้ว่าแบบฝึกหรือแบบฝึกหัดหรือแบบฝึกเสริมทักษะ หมายถึงสื่อการเรียนการสอนที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนโดยนักเรียนเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมเองช่วยให้นักเรียนมีพัฒนาการในการเรียนรู้มีทักษะเพิ่มขึ้นและนักเรียนได้เรียนรู้อย่างสนุกสนาน

ถวัลย์ มาศจรัส (2548, น. 98) กล่าวถึงแบบฝึกเสริมทักษะว่า แบบฝึกเสริมทักษะที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม ควรมีความหลากหลาย และปริมาณเพียงพอที่สามารถตรวจสอบและพัฒนาทักษะกระบวนการคิด กระบวนการเรียนรู้ ทำให้ผู้เรียนสามารถสรุปความคิดรวบยอดและหลักการสำคัญของสาระการเรียนรู้รวมทั้งทำให้ผู้เรียนสามารถตรวจสอบความเข้าใจบทเรียนด้วยตนเองได้

เกษศิรินทร์ ชูรา (2549, น. 25) ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ว่า ชุดฝึกหมายถึงชุดเฉพาะหรือผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิต ได้จัดทำขึ้นเพื่อจุดมุ่งหมายอย่างใดอย่างหนึ่งอันเป็นการแก้ปัญหาและฝึกให้เกิดทักษะกับกลุ่มเป้าหมายที่ผู้ผลิตต้องการให้เกิดขึ้น ซึ่งชุดฝึกนั้นจะต้องประกอบด้วยสื่อหลากหลายที่จะช่วยพัฒนาทักษะต่างๆให้เกิดขึ้นกับผู้รับการฝึก

นิตยาภรณ์ อินอ่อน (2549, น. 20) ได้กล่าวถึงความหมายของชุดฝึกทักษะว่า ชุดฝึกทักษะเป็นสื่อการเรียนการสอนสำหรับให้นักเรียนฝึกปฏิบัติด้วยความสนใจ สนุกสนาน เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจและมีทักษะเพิ่มขึ้น

กชกร ธิปัตดี (2552, น. 51) ได้ให้ความหมายของชุดฝึกไว้ว่า ชุดฝึกหมายถึงสื่อการเรียนการสอนที่ครูจัดสร้างขึ้นเพื่อเป็นแบบฝึกหัดให้นักเรียนได้ฝึกตอบคำถามหรือแก้ปัญหาโดยนำความรู้ที่ได้เรียนไปแล้วมาใช้เพื่อให้เกิดความรู้ความเข้าใจและทักษะในสิ่งที่เรียนรู้มากยิ่งขึ้น

สุพัตรา สัตยากูล (2552, น. 29) ได้กล่าวถึงความหมายของชุดฝึกทักษะไว้ว่า ชุดฝึกทักษะเป็นสื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนักเรียนเป็นผู้ฝึกปฏิบัติกิจกรรมตามขั้นตอนอย่างสนุกสนาน ด้วยความสนใจ ช่วยให้เกิดความรู้ความเข้าและมีทักษะเพิ่มขึ้นต่อไป

สรุปได้ว่า ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง สื่อประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์เชื่อมโยง ตั้งคำถาม และหาคำตอบได้ด้วยตัวเองตามขั้นตอนของกิจกรรมอย่างสนุกสนาน ด้วยความสนใจ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและมีทักษะสูงขึ้น

2.1.2 ขอบเขตของชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พิจารณาได้จากขอบเขตของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ และการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นทักษะย่อยบางทักษะ เช่น ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการทดลอง จึงได้นำความต้องการดังนี้มากำหนดเป็นขอบเขตของการผลิตและใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในตอนนี้ ได้แก่ ชุดฝึกกิจกรรม ชุดฝึกการคำนวณ และชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง ซึ่งแต่ละทักษะมีความหมาย และความเฉพาะของการแสดงพฤติกรรมที่สามารถฝึกฝนและวัดได้ ซึ่งมีการแสดงถึงความสนใจของผู้สอนวิทยาศาสตร์ที่ต้องการพัฒนาให้มีมากขึ้นในตัวผู้เรียน (นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์, 2561, น. 36)

2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

แนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มีนักการศึกษาได้ให้แนวคิดไว้ดังนี้

2.2.1 ทฤษฎีพฤติกรรมของธอร์นไดค์ หรือทฤษฎีสัมพันธ์เชื่อมโยง

ทิศนา แขมมณี (2550, น. 51-52) กล่าวว่าหลักการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง โดยมีหลักการพื้นฐานว่าการเกิดการเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่มักออกมาในรูปแบบโดยการลองผิดลองถูกกว่าจะพบสิ่งที่เหมาะสมที่สุด

กฎแห่งการเรียนรู้มีดังนี้

1) กฎแห่งความพร้อมประสบการณ์เดิมจะเชื่อมความรู้ใหม่

2) กฎแห่งการฝึกหัด การที่ผู้เรียนได้ฝึกหัดหรือกระทำซ้ำบ่อยๆ จะทำให้เกิดความสมบูรณ์ถูกต้อง

3) กฎแห่งความพอใจ เมื่ออินทรีย์ได้รับความพอใจจากผลของการกระทำกิจกรรมก็จะเกิดผลดีกับการเรียน อยากเรียนเพิ่มเติม

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2551, น.61) กฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ ประกอบด้วย

1) กฎแห่งความพร้อม (Law of Readiness) การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีถ้าผู้เรียนมีความพร้อมทั้งทางร่างกายและจิตใจ

2) กฎแห่งการฝึกหัด (Law of Exercise) การฝึกหัดหรือกระทำบ่อยๆ ด้วยความเข้าใจจะทำให้การเรียนรู้นั้นคงทนถาวรถ้าไม่ได้กระทำซ้ำบ่อยๆ การเรียนรู้นั้นจะไม่คงทนถาวรและในที่สุดอาจลืมได้

3) กฎแห่งการใช้ (Law of Use and Disuse) การเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง ความมั่นคงของการเรียนรู้จะเกิดขึ้นหากได้มีการนำไปใช้บ่อยๆ หากไม่มีการนำไปใช้อาจมีการลืมเกิดขึ้นได้

4) กฎแห่งผลที่พึงพอใจ (Law of Effect) เมื่อบุคคลได้รับผลที่พึงพอใจย่อมอยากจะเรียนรู้ต่อไป แต่ถ้าได้รับผลที่ไม่พึงพอใจจะไม่อยากเรียนรู้ ดังนั้นการได้รับผลที่พังพอใจจึงเป็นปัจจัยสำคัญในการเรียนรู้

รังสรรค์ บุษยะมา (2552, น. 37-38) กล่าวว่าเมื่อผู้เรียนประสบปัญหาจะศึกษาสภาพของปัญหาและหาทางแก้ไขไว้หลายๆวิธีและจะเลือกวิธีที่แก้ปัญหาได้สำเร็จไว้ใช้เมื่อพบกับปัญหาในลักษณะคล้ายคลึงกัน กฎการเรียนรู้ที่สำคัญมี 3 ประการ คือ

1) กฎแห่งความพร้อมถ้าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะตอบสนองหรือแสดงพฤติกรรมใดๆ ออกและได้แสดงจะเกิดความพึงพอใจ

2) กฎแห่งการฝึกหัด สิ่งใดที่ผู้เรียนได้กระทำอยู่เป็นนิจย่อมเกิดความคล่องแคล่วชำนิชำนาญและในทางกลับกันถ้าละเว้นการกระทำไปนานๆ เมื่อจำเป็นต้องกระทำย่อมทำ ได้ไม่ดีเหมือนเดิม

3) กฎแห่งผล ถ้าผู้เรียนกระทำกิจกรรมใดๆจนเกิดความสำเร็จผู้เรียนจะเกิดความพึงพอใจและประสงค์จะกระทำมากขึ้น

จากกฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ ดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอนได้ดังนี้ (ทิศนา แขมณี, 2551, น. 51)

1) การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนแบบลองผิดลองถูกบ้าง (เมื่อพิจารณาแล้วว่าไม่ถึงกับเสียเวลามากเกินไป และไม่เป็นอันตราย) จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในวิธีการแก้ปัญหา จดจำการเรียนรู้ได้ดี และเกิดความภาคภูมิใจในการทำสิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง

2) การสำรวจความพร้อมหรือการสร้างความพร้อมของผู้เรียนเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ต้องกระทำก่อนการสอนบทเรียน เช่น การสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดการอยากรู้อยากเรียน การเชื่อมโยงความรู้เดิมมาสู่ความรู้ใหม่ การสำรวจความใหม่ การสำรวจความรู้พื้นฐาน เพื่อดูว่าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเรียนบทเรียนต่อไปหรือไม่

3) หากต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะในเรื่องใดจะต้องช่วยให้เขาเกิดความเข้าใจในเรื่องนั้นอย่างแท้จริงแล้วให้ฝึกฝนโดยกระทำสิ่งนั้นบ่อยๆ แต่ควรระวังอย่าให้ถึงกับซ้ำซาก จะทำให้ผู้เรียนเกิดความเบื่อหน่าย

4) เมื่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แล้วควรให้ผู้เรียนฝึกนำการเรียนรู้นั้นไปใช้บ่อยๆ

5) การให้ผู้เรียนได้รับผลที่ตนเองพึงพอใจ จะช่วยให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ การศึกษาว่าสิ่งใดเป็นสิ่งเร้าหรือรางวัลที่ผู้เรียนพึงพอใจจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้

จากทฤษฎีพฤติกรรมของธอร์นไดค์สรุปได้ว่าถ้าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเรียนและได้รับการฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ทำงานอยู่บ่อยๆ เป็นประจำย่อมทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีมีความคล่องแคล่ว และคงทนถาวร

2.2.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์

โสภัณฑ์ นุชนาถและคณะ (2551, น. 16-20) กล่าวว่าลักษณะความคิดที่สำคัญของเด็กมี 2 แบบคือการมองเหตุการณ์ทางด้านจิตวิทยาเหมือนเป็นเหตุการณ์ทางด้านวัตถุ มองวัตถุต่างๆนั้นเหมือนชีวิต ซึ่งเพียเจต์เห็นด้วยกับความคิดของจอหน์ ดิวอี้ ที่เชื่อว่าความคิดและ

สติปัญญาของคนเราพัฒนามาจากการได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงตนเองเพื่อให้สมดุลย์กับสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลาโดยผ่านการดูดซึมและปรับความแตกต่าง

กชกร ธิปัตดี (2552, น. 53-57) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการพัฒนาทางสติปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งได้แบ่งระดับของการพัฒนาการทางสติปัญญาของวัยเด็กจนถึงวัยผู้ใหญ่เป็น 4 ระดับ ดังนี้

1) ระดับการับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sennsorimotor Stage) อายุตั้งแต่แรกเกิด – 2 ปี ทารกเกิดมาพร้อมกับปฏิกิริยาตอบสนองที่พร้อมที่จะสำรวจสภาพแวดล้อมรูปแบบการเรียนรู้ของเด็กวัยนี้จะเกิดขึ้นด้วยการจำแนกความแตกต่างของสิ่งต่างๆ ด้วยการสัมผัส

2) ระดับก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational Stage) อายุ 2-7 ปี พัฒนาการระดับนี้จะเป็นพัฒนาการทางสติปัญญาที่เด็กแสดงออกมาต่อวัตถุหรือสิ่งต่างๆ ลักษณะสำคัญของพัฒนาการในระดับนี้คือเด็กเริ่มจะมีพัฒนาการทางความคิด

3) ระดับปฏิบัติการคิดอย่างมีเหตุผลแบบรูปธรรม (Concrete Operational Stage) อยู่ในช่วงอายุ 7-11 ปี พัฒนาการทางสติปัญญาระดับนี้จะมีลักษณะที่สำคัญ คือ รับรู้ได้หลายส่วนสามารถคิดย้อนกลับได้ การรับรู้สภาพที่เปลี่ยนไป การรับรู้เป็นลำดับ การจำแนกหมวดหมู่ การรับรู้โดยไม่ยึดความคิดของตนเป็นสำคัญ

4) ระดับปฏิบัติการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนามธรรม (formal Operation) อยู่ในช่วงอายุ 11 ปี – วัยผู้ใหญ่ ระดับนี้เป็นพัฒนาการขั้นสุดท้ายของเพียเจต์ ซึ่งในระยะนี้จะสามารถคิดในสิ่งที่เป็นนามธรรมและสามารถสรุปข้อมูลที่เป็นนามธรรมได้ ในช่วงนี้วัยรุ่นจะเข้าใจสิ่งที่เป็นนามธรรมสิ่งที่ไม่มีตัวตน และค่านิยม เป็นต้น

จากทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคิดของเพียเจต์สรุปได้ว่าการพัฒนาด้านสติปัญญาซึ่งเกี่ยวข้องกับการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมสามารถนำไปปรับปรุงตนเองเพื่อดำรงอยู่ในสิ่งแวดล้อมนั้น ดังนั้นจึงควรจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมที่พัฒนาการคิดอย่างมีเหตุผลให้สอดคล้องกับระดับสติปัญญาของผู้เรียนในแต่ละวัย เพื่อให้เกิดการพัฒนาที่ยั่งยืน

2.3 การสร้างชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

การสร้างชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้มีคุณภาพนั้นได้มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหลักการและขั้นตอนการสร้างชุดฝึก ดังต่อไปนี้

กชกร ธิปัตดี (2552, น.53) กล่าวเกี่ยวกับหลักการในการสร้างชุดฝึกไว้ว่า หลักการสำคัญที่ครูควรตระหนักในการสร้างชุดฝึกคือจะต้องมุ่งเพื่อการพัฒนานักเรียนตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยคำนึงถึงความสนใจของนักเรียน ความแตกต่างระหว่างบุคคลและเวลาที่เหมาะสมในการใช้ชุดฝึก ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าการพัฒนาชุดฝึกมีลักษณะดังนี้

1) ไม่เน้นการเรียนรู้ที่เป็นเชิงเส้นตรงและสั่งการจากบนลงล่างเพราะจะทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย

2) วัตถุประสงค์ควรจะสอดคล้องกับเป้าหมายที่ต้องการพัฒนา

3) ควรทดลองใช้กับนักเรียนหรือผู้ที่จะรับการฝึกจริงๆ ไม่ใช่ยึดผู้เชี่ยวชาญเป็นที่ตั้ง

4) เน้นการเรียนรู้ในทักษะที่สำคัญ

5) เน้นเป้าหมายใหม่ที่ยังไม่เกิดขึ้นกับนักเรียนหรือสิ่งที่นักเรียนยังไม่รู้

6) การประเมินผลรวบยอดไม่ควรยากเกินไป

7) ข้อมูลหรือเนื้อหาสาระที่เพียงพอและเป็นปรนัยหรือมีความน่าเชื่อถือไม่ใช่ข้อมูลที่นำเอาความรู้สึกหรือการับรู้มาตัดสิน

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2561, น. 44-48) ได้กล่าวว่าในการสร้างชุดฝึกครูผู้สอนต้องมีการกำหนดแผนการสร้างชุดฝึกโดยระบุจำนวนของชุดฝึกและเวลาที่ต้องใช้ในการฝึกและชุดและที่สำคัญต้องระบุว่า ในแต่ละชุดฝึกผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ใดบ้าง ซึ่งผู้สอนสามารถนำจุดเด่นของกิจกรรมการฝึกมาตั้งชื่อชุดฝึกแต่ละชื่อที่น่าสนใจได้ เมื่อมีการกำหนดแผนการสร้างชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ผู้สอนดำเนินการสร้างชุดฝึกโดย

1) กำหนดรายละเอียดของกิจกรรมในชุดฝึกแต่ละชุด

2) สร้างหรือจัดหาสื่อที่เป็นวัสดุหรืออุปกรณ์ที่ระบุไว้ในกิจกรรม

3) กำหนดวิธีการและเกณฑ์ในการวัดและประเมินผลการมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเพื่อใช้เก็บข้อมูลระหว่างฝึก และหลังการฝึกครบทุกชุดฝึกแล้ว เพื่อนำไปหาประสิทธิภาพของชุดฝึกต่อไป

จากหลักการและขั้นตอนในการสร้างชุดฝึกดังกล่าวข้างต้นสรุปได้ว่าในการสร้างหรือพัฒนาชุดฝึกนั้นต้องพัฒนาให้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ จัดเตรียมวัสดุและอุปกรณ์สื่อการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสม จัดกิจกรรมตามขั้นตอน และวัดผลประเมินผลให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการวัด

2.4 การตรวจสอบคุณภาพของชุดฝึก

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, น.7) กล่าวว่า การผลิตสื่อหรือชุดการสอนนั้น ก่อนนำไปใช้จริงจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนที่ผลิตขึ้นไปทดสอบประสิทธิภาพเพื่อดูว่าสื่อหรือชุดการสอนทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่และผู้เรียนมีความพึงพอใจ

ต่อการเรียนจากสื่อหรือชุดการสอนในระดับใด ดังนั้นผู้ผลิตสื่อการสอนจำเป็นจะต้องนำสื่อหรือชุดการสอนไปหาคุณภาพ เรียกว่า การทดสอบประสิทธิภาพ สอดคล้องกับ นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2561, น. 48)ได้กล่าวว่า การหาประสิทธิภาพของชุดฝึก เป็นการหาประสิทธิภาพของชุดฝึกในทำนองเดียวกับการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมหรือการเรียนที่มีการหาประสิทธิภาพระหว่างเรียน E_1 และ E_2 หลังจากเรียนด้วยชุดฝึกครบทุกชุดแล้ว โดยการหาค่า E_1 หาได้จากคะแนนการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนระหว่างการฝึก สำหรับคะแนนประสิทธิภาพ E_2 หาได้โดยการให้แสดงความสามารถด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งจะต้องสร้างให้ครอบคลุมทุกทักษะย่อยๆ ซึ่งบางทักษะสามารถวัดได้ด้วยข้อสอบเลือกตอบ บางทักษะต้องใช้ข้อสอบที่เขียนตอบ และบางทักษะต้องใช้ข้อสอบให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ ในการหาค่าประสิทธิภาพ E_1/E_2 ของชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต้องดำเนินการกับนักเรียนแบบเดี่ยว 1:1 แบบกลุ่ม 1:10 และแบบภาคสนามเช่นเดียวกับการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมและชุดการเรียนทั่วไปต่างกันที่คะแนนที่ใช้ต้องเป็นคะแนนของการแสดงทักษะไม่ใช่คะแนนความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2.5 ประโยชน์ของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สำหรับประโยชน์ของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้นมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดฝึกไว้ดังนี้

ถวัลย์ มาศจรัส (2546, น. 21) กล่าวถึงประโยชน์ของแบบฝึก ว่าเป็นสื่อการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน ผู้เรียนมีสื่อสำหรับฝึกทักษะด้านการอ่าน การคิด การวิเคราะห์และการเขียน รวมทั้งเป็นสื่อการเรียนรู้สำหรับการแก้ไขปัญหาในการเรียนรู้

นิลาภรณ์ ธรรมวิเศษ (2546, น. 13) กล่าวถึงประโยชน์ของแบบฝึกไว้ว่า แบบฝึกที่ดีและมีประสิทธิภาพ ช่วยทำให้นักเรียนประสบผลสำเร็จในการฝึกทักษะทางภาษา แบบฝึกที่ดีเปรียบเสมือนผู้ช่วยที่สำคัญของครู ทำให้ครูลดภาระการสอนลงได้ ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มที่ และเพิ่มความมั่นใจในการเรียน ได้เป็นอย่างดี

สุเทวี แก้วนิมิตดี (2547, น. 40) กล่าวถึงประโยชน์ของแบบฝึกไว้ว่า ประโยชน์ของแบบฝึก ทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนยิ่งขึ้น มีความเชื่อมั่นความรับผิดชอบต่องานที่ทำนักเรียนสามารถใช้ทบทวนบทเรียน และเห็นความก้าวหน้าของตนเองด้วย ตลอดจนช่วยลดภาระการสอนของครู ใช้เป็นเครื่องมือวัดผลการเรียนทำให้ครูทราบจุดเด่นจุดด้อยของนักเรียนได้ชัดเจนอันเป็นแนวทางในการปรับปรุงการเรียนการสอนต่อไป

นิตยาภรณ์ อินอ่อน (2549, น. 23) กล่าวถึงประโยชน์ของชุดฝึกไว้ว่า ชุดฝึกทักษะเป็นเครื่องมือที่จำเป็นต่อการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและการฝึกแต่ละ

ทักษะนั้นควรมีหลายๆแบบจะช่วยให้นักเรียนสามารถพัฒนาตนเองได้อย่างเต็มที่ ทำให้นักเรียนไม่เบื่อและยังช่วยให้ครูและนักเรียนทราบความก้าวหน้าหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ดังนั้นชุดฝึกจึงเป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียน

จากประโยชน์ของชุดฝึกที่นักการศึกษาหลายๆท่านได้กล่าวมานั้นสรุปได้ว่า ชุดฝึกมีประโยชน์เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกประสบการณ์หรือฝึกทักษะต่างๆ และสามารถพัฒนาตนเองได้ตามศักยภาพทำให้นักเรียนทราบข้อบกพร่องของตนเองและนำข้อบกพร่องนั้นไปปรับปรุงได้

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงหัวข้อ ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความหมายและประเภทของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และหาคุณภาพ ดังต่อไปนี้

3.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหัวข้อ ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการวัดความรู้และทักษะในเนื้อหาสาระที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปแล้วหลังจากที่มีการจัดการเรียนการสอนว่าผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2552, น. 9-6) ซึ่งมีความหมายตามแนวคิดของนักการศึกษาแต่ละท่าน ดังนี้

Eysenk; & Melli (1972, p. 6) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่อาศัยความพยายามอย่างมากซึ่งเป็นผลมากจากการกระทำที่ต้องอาศัยความสามารถทั้งทางร่างกายและสติปัญญา ดังนั้นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียน โดยอาศัยความสามารถเฉพาะตัวผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้จากกระบวนการที่ต้องอาศัยการทดสอบ เช่น การสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรืออาจได้ในรูปเกรดของโรงเรียนซึ่งต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อนและระยะเวลานานพอสมควร หรืออาจได้ด้วยการวัดแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

Good (1973, p. 7) ได้ให้ความหมายของ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ การเข้าถึงความรู้หรือพัฒนาทักษะทางการเรียน ซึ่งโดยปกติพิจารณาจากคะแนนสอบ หรือคะแนนที่ได้จากงานที่ครูมอบหมายให้หรือทั้งสองอย่าง

วิไลรัตน์ กลิ่นจันทร์ (2552, น. 54) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลของความสามารถของบุคคลที่ต้องอาศัยทักษะ ความรู้ ทัศนคติที่ได้รับจากการเรียนการสอน การฝึกฝน อบรมสั่งสอนทำให้เกิดความสำเร็จหรือความสามารถในด้านต่าง ๆ

ภพ เลาหไพบูลย์ (2552, น. 57) ให้ความหมาย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง การวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญา หรือความรู้คิด ตามแนวของ Klopfer แห่งมหาวิทยาลัยพิตย์เบร์ก (University of Pittsturgh) เป็น 4 ลำดับขั้นของพฟติกรรม คือ

1) ความรู้-ความจำ (Knowledge)

2) ความเข้าใจ (Comprehension)

3) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Skill Progcess)

4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application)

วินุรักษ์ สุขสำราญ (2553, น. 36) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ทางที่เกิดจากการสะสม และเชื่อมโยงสาระสำคัญที่ค้นพบ และพิสูจน์แล้วต้องไม่ใช่องค์ประกอบทางสติปัญญาและองค์ประกอบที่ไม่ใช่สติปัญญา สามารถสังเกตและวัดได้ด้วยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ด้านต่างๆ แล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้จากการฝึกฝนอบรม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, น. 183) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า ผลการวัดหรือตัดสินผลการวัดโดยเทียบกับเกณฑ์เพื่อให้ได้ผลการวัดออกมาเป็นอย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น การตัดสินคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่วัดได้ออกมาเป็นระดับผลการเรียนหรือเกรด หรือการวัดผลเป็นการกำหนดค่าเชิงปริมาณ ให้กับสิ่งที่ต้องการวัดด้วยวิธีการที่เป็นระบบและเป็นที่ยอมรับ เช่น การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนออกมาในรูปคะแนนซึ่งมีความสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้กำหนดรายละเอียดที่เกี่ยวกับตัวชี้วัดที่ระบุเนื้อหาความรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เพื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงต้องศึกษา วิเคราะห์สาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดตามหลักสูตร เพื่อสร้างเครื่องมือให้มีคุณภาพครอบคลุมเนื้อหาความรู้ ทักษะความสามารถ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ตัวชี้วัดและผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจะนำมาสู่การกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัด เช่น ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การคิดวิเคราะห์ การนำความรู้ไปใช้ ทักษะปฏิบัติ และ

ความสามารถด้านต่าง ๆ พฤติกรรมที่ต้องการประเมินจะแตกต่างกันตามระดับชั้น และวัยของผู้เรียน เช่น ในชั้นประถมศึกษาตอนปลายอาจให้ความสำคัญกับพฤติกรรมด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ และการนำความรู้ไปใช้ แต่ในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น อาจจะเน้นหรือให้ความสำคัญกับพฤติกรรมที่สูงขึ้น เช่น พฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการ การแก้ปัญหา และการคิดระดับสูง ผู้สอนจึงต้องกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดและให้น้ำหนักคะแนนแต่ละพฤติกรรมตามความสำคัญที่ระบุไว้ในหลักสูตร

นิรมล รอดไพ (2558, น. 35) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์การเรียนรู้ที่เกิดจากการอบรม หรือจากการสอบ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นการตรวจสอบความสามารถหรือระดับความสัมฤทธิ์ผล (Level of accomplishment) ของบุคคลว่าเรียนรู้แล้วเท่าไหร่ มีความสามารถแค่ไหน โดยความรู้ความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของบุคคลนั้น ๆ จนทำให้เกิดผลสำเร็จทั้งด้านตัวความรู้วิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Academeic achievement)

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในด้านความรู้ และทักษะทางการเรียน โดยปกติจะพิจารณาจากคะแนนสอบหรือภาระงานที่ครูกำหนดให้ทำหรือทั้งสองอย่าง ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้หมายถึงคะแนนที่ได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

3.1.2 ขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหัวข้อ ขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2541, น. 23) ได้กล่าวเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ว่า คือ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ยึดแนวทางของ คลอฟเฟอร์ (Klopfer) ในการประเมินผลการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ความคิด แบ่งได้ 4 ด้าน ดังนี้

1) ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้มาแล้วเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม มโนทัศน์ ข้อตกลง การจัดประเภท เทคนิค วิธีการ หลักการ กฎ ทฤษฎีและแนวคิดที่สำคัญๆ ด้านวิทยาศาสตร์

2) ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการอธิบาย แปลความหมาย ตีความ สร้างข้อสรุป ขยายความ นักเรียนที่มีความสามารถในด้านนี้จะแสดงออกโดยสามารถเปรียบเทียบแสดงความสัมพันธ์ อธิบายชี้แจง จำแนก จัดเข้าหมวดหมู่ ยกตัวอย่าง ให้เหตุผล จับใจความ เขียนภาพประกอบ ตัดสิน เลือก แสดงความคิดเห็น จัดเรียงลำดับ อ่านกราฟ แผนภูมิและแผนภาพได้

3) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การสังเกต การวัด การมองเห็นปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา การตีความหมายข้อมูลและการสรุป การสร้าง การทดสอบ และการปรับปรุงแบบจำลอง

4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการผสมผสานความรู้และนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

Klopfer (1974, p. 56) ได้กล่าวถึง การประเมินผลด้านการเรียนรู้ ด้านความรู้ ซึ่งสามารถวัดได้จากกิจกรรมทั้ง 4 ด้าน คือ

1) ด้านความรู้-ความจำ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนมีความจำในเรื่องราวต่าง ๆ ที่ได้รับจากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จากการอ่านหนังสือ การฟัง การบรรยาย เป็นต้น ความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 8 ประเภท

(1) ความรู้เกี่ยวกับความจริงเดี่ยว

(2) ความรู้เกี่ยวกับมโนมติหรือมโนทัศน์

(3) ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์

(4) ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง

(5) ความรู้เกี่ยวกับลำดับขั้นตอนปรากฏการณ์ต่าง ๆ

(6) ความรู้เกี่ยวกับกฎเกณฑ์ในการแบ่งประเภทของสิ่งต่าง ๆ

(7) ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์

(8) ความรู้เกี่ยวกับศัพท์วิทยาศาสตร์

2) ด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าด้านความรู้-ความจำแบ่งเป็น 2 ประเภท

(1) ความเข้าใจเกี่ยวกับข้อเท็จจริง วิธีการ กฎเกณฑ์ หลักการและทฤษฎีต่างๆ

(2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนคติ หลักการและทฤษฎีที่อยู่ในรูปแบบสัญลักษณ์หนึ่งไปเป็นสัญลักษณ์หนึ่ง

3) ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์

4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ มโนคติ กฎ หลักการ ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญญาในสถานการณ์ใหม่ได้ โดยสามารถแก้ปัญหาได้อย่างน้อย 3 ประการคือ

(1) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน

(2) แก้ปัญหาที่เป็นเรื่องวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น

(3) แก้ปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องวิทยาศาสตร์

Bloom et. Al., (1956, p. 201) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนการสอนด้านการวัดความรู้และความคิด (Cognitive) เป็นการวัดความสามารถของผู้เรียนจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระต่างๆ ตามที่หลักสูตรกำหนด ซึ่งได้แบ่งออกเป็น 6 ขั้น ดังนี้

1) ความรู้ (Knowledge)
2) ความเข้าใจ (Comprehension)
3) การนำไปใช้ (Application)
4) การวิเคราะห์ (Analysis)
5) การสังเคราะห์ (Synthesis)
6) การประเมิน (Evaluation)

การประเมินการเรียนการสอนด้านความรู้ ความคิดตามแนวคิดของบลูมตามแนวคิดเดิม ซึ่งแนวคิดของบลูมได้มีการปรับปรุงใหม่ ในปี ค.ศ.1990 โดยแอนเดอร์สัน และแครธโวห์ล (Anderson and krathwohl, 2001, p. 235) โดยแบ่งออกเป็น 6 ขั้น ดังนี้

1) ความจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการจำเรื่องราวต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว ซึ่งเป็นความรู้จากการจำในความจำระยะยาว

2) ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการเข้าใจความหมายของเรื่องราวต่างๆ โดยการตีความ และแปลความจากสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว

3) การประยุกต์ (Applying) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์ที่แตกต่างจากสถานการณ์เดิม

4) การวิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการแยกแยะเรื่องราว เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นส่วยย่อยๆ

5) การประเมิน (Evaluation) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้างแนวคิดและสารสนเทศใหม่จากการใช้ความรู้ที่ได้เรียนรู้มาก่อน

6) การสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้างแนวคิดและสารสนเทศใหม่จากการใช้ความรู้ที่ได้เรียนมาก่อน

จากการศึกษาดังกล่าว ผู้วิจัยได้เลือกการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง สารละลาย โดยเลือกแนวคิดของบลูม (Bloom) ที่ปรับปรุงใหม่ ค.ศ. 2001 ซึ่งเป็นการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ ด้านความรู้ ด้านความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์และการวิเคราะห์ เนื่องจากมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของผู้เรียนมาใช้ในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 40 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นแนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการวิจัยครั้งนี้

3.2 ประเภทของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหัวข้อ ความหมายและประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.2.1 ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เครื่องมือที่ใช้ในการวัดความรู้และทักษะในเนื้อหาสาระที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปแล้วหลังจากที่มีการจัดการเรียนการสอนว่าผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2552, น. 9-6) ได้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

ยุพา กุมภาว์ (2550, น. 19) สรุปความหมาย แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาแล้วจากการศึกษาความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งสรุปได้ว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบวัดความสามารถทางการเรียนรู้ด้านเนื้อหาวิชา โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบของครู และแบบทดสอบมาตรฐาน

สมบัติ ท้ายเรือคำ (2551, น. 72) ได้ให้ความหมายแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าเป็นแบบทดสอบวัดระดับความสามารถของผู้เรียนว่า มีความรู้ ความสามารถ และทักษะในเนื้อหาวิชาที่เรียนไปแล้วมากน้อยเพียงใด

ชวาล แพรัตกุล (2552, น.112) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอดคล้องไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่วัดความรู้ของนักเรียนที่ได้เรียนไปแล้ว ซึ่งมักเป็นข้อคำถามให้นักเรียนตอบด้วยกระดาษและดินสอ (Paper and Pencil Test)

ไพศาล วรคำ (2554, น. 233) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ (Knowledge) และทักษะ (Skill)

สมนึก ภัททิยธนี (2558, น. 96) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า หมายถึงแบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองต่างๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้มาแล้ว

สรุปได้ว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่ได้มาจากผลการตรวจสอบพฤติกรรมแสดงออกด้านความรู้ความสามารถของนักเรียนในสิ่งที่เรียนไปแล้วว่าผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด

3.2.2 ประเภทของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายลักษณะคือ ข้อสอบแบบถูก-ผิด ข้อสอบแบบจับคู่ ข้อสอบแบบเลือกตอบ ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ และข้อสอบอัตนัย (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2552, น. 9-6) ได้มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

อรุณี ศรีวงษ์ชัย (2551, น. 49-50) ได้กล่าวถึง ประเภทการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการตรวจสอบความสามารถของสมรรถภาพทางสมองของผู้เรียนและความสามารถ เช่น พฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า การวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของผู้เรียนในด้านพุทธิพิสัย ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะของวิชาที่เรียน ดังนี้

1) ด้านการปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบความรู้ ความสามารถทางการปฏิบัติโดยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และมีผลงานปรากฏ สามารถสังเกตและวัดได้ เช่น วิชาศิลปศึกษา พลศึกษา การช่าง เป็นต้น ต้องใช้การวัดโดยข้อสอบภาคปฏิบัติ ซึ่งเป็นการประเมินผลพิจารณาที่วิธีปฏิบัติและผลงานที่ปฏิบัติ

2) การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชารวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่าง ๆ เป็นผลมาจากการเรียนการสอนวัดได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

3) การสอบแบบปากเปล่า (Oral test) เป็นการสอบรายบุคคลที่ต้องการดูผลเฉพาะอย่าง เช่น การสอบอ่านฟังเสียง การสอบสัมภาษณ์ที่ต้องการดูการใช้ถ้อยคำในการตอบคำถาม รวมทั้งการแสดงความคิดเห็นและบุคลิกภาพต่างๆ เช่น การสอบปริญญานิพนธ์ ที่ต้องการวัดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ ตลอดจนแง่มุมต่างๆ การสอบปากเปล่าสามารถวัดได้ละเอียดลึกซึ้งและคำถามก็สามารถเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมได้ตามที่ต้องการ

4) การสอบแบบให้เขียนความ เป็นการสอบวัดโดยให้ผู้สอบเขียนตอบ มีรูปแบบการตอบอยู่ 2 แบบ คือ

5) แบบไม่จำกัดคำตอบ ได้แก่ การสอบวัดที่ใช้ข้อสอบแบบอัตนัย หรือความเรียง

6) แบบจำกัดคำถาม (เป็นการสอบที่กำหนดขอบเขตของคำถามที่จะให้ตอบ หรือกำหนดคำตอบมาให้เลือกซึ่งมีรูปแบบของคำถามคำตอบ 4 รูปแบบ ดังนี้

(1) แบบเลือกทางใดทางหนึ่ง (Alternative)

(2) แบบจับคู่ (Matching)

(3) แบบเติมคำ (Completion)

(4) แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2553, น. 96) ได้กล่าวถึง ประเภทการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1) แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบมุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ผู้สอนสร้างขึ้นโดยทั่วไปใช้ในสถานศึกษา มีลักษณะเป็นแบบทดสอบข้อเขียน ซึ่งแบ่งออกได้ 2 ชนิดคือ

2) แบบทดสอบอัตนัย เป็นแบบทดสอบที่กำหนดคำถามหรือปัญหาให้ผู้สอบเขียนแสดงความรู้ ความคิด เจตคติ ได้อย่างเต็มที่ แบ่งออกเป็น 2 แบบ ดังนี้

(1) การตอบแบบขยาย หรือแบบไม่จำกัดคำตอบ แบบทดสอบที่เปิดโอกาสให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็น อธิบาย บรรยาย อภิปรายได้อย่างเต็มที่ มักใช้กับนักเรียนหรือนักศึกษาในระดับชั้นสูง ลักษณะของคำถามมักจะมีคำว่า จงอธิบาย อภิปรายเปรียบเทียบ วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะ สรุป วางแผน ออกแบบการทดลอง ตั้งสมมติฐาน ตั้งเกณฑ์ตัดสิน ประเมินผลหรือการแก้ปัญหา ในการตั้งคำถามควรกำหนดขอบเขต เพื่อให้ผู้ตอบเข้าใจจุดมุ่งหมายในการวัด สามารถตอบได้ตรงประเด็นการวัดควรกำหนดคะแนนและหลักเกณฑ์การให้คะแนนของแต่ละข้อไม่ควรถามเรื่องที่ผู้เรียนเคยอภิปรายมาก่อน เพราะจะเป็นการวัดความจำ

(2) แบบจำกัดคำตอบหรือแบบตอบสั้น เป็นแบบทดสอบที่ถามแบบเฉพาะเจาะจง ให้ตอบภายในขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยทั่วไปจะกำหนดขอบข่ายและความยาวในการตอบไว้ด้วยลักษณะของข้อคำถาม จงอธิบายสั้นๆ จงบอกประโยชน์ จงอธิบายสาเหตุ หรือจงบอกขั้นตอน เกณฑ์การตรวจให้คะแนนควรใช้เกณฑ์ด้านเนื้อหา เกณฑ์ด้านการลำดับความคิด การเรียงเรื่อง และเกณฑ์ด้านกระบวนการสมอง นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาในเรื่อง ความถูกต้องตรงประเด็น ความสมบูรณ์ครบถ้วนของประเด็นที่ถาม และความสมเหตุสมผลของคำตอบ

3) ข้อสอบแบบปรนัย หรือให้ตอบแบบสั้น ๆ เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบเขียนตอบสั้นๆ หรือมีคำตอบให้เลือกอย่างจำกัด ผู้ตอบไม่มีโอกาสแสดงความรู้ ความคิดได้อย่างกว้างขวางเหมือนข้อสอบอัตนัย แบบทดสอบชนิดนี้แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

(1) แบบทดสอบถูก-ผิด เป็นแบบทดสอบที่จำกัดการตอบของผู้ตอบให้ตัดสินเลือกตอบเพียงคำตอบเดียวจากตัวเลือก 2 ตัว ตัวเลือกอาจอยู่ในรูป ถูก-ผิด, ใช่-ไม่ใช่, จริง-เท็จ เป็นต้น ซึ่งประกอบด้วย ข้อความที่เป็นสถานการณ์หรือปัญหาในรูปประโยคบอกเล่าหรือปฏิเสธ แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

ก. แบบคำถามเดี่ยว เป็นประโยคหรือข้อความต่าง ๆ ทั้งถูกและผิดคละกันไปแล้วให้ผู้ตอบพิจารณาตัดสินใจว่าถูกหรือผิด

ข. แบบคำถามกลุ่ม เป็นรูปแบบคำถามจะประกอบด้วยเนื้อหาเป็นตอนนำของประโยค และเขียนข้อความขยายรายละเอียดของเนื้อหาหลายๆ ประโยค แล้วให้พิจารณาว่าข้อความส่วนขยายเนื้อหาถูกหรือผิด

ค. แบบให้แก้ไขข้อความที่ผิดให้ถูกต้อง รูปแบบคำถามนี้จะกำหนดข้อความไว้แล้ว ให้ผู้ตอบพิจารณาว่าข้อความที่กำหนดให้ถูกหรือผิด ถ้าข้อผิดให้ระบุส่วนที่ผิดโดยขีดเส้นใต้และแก้ไขให้ถูกต้อง

ในการตรวจให้คะแนนควรกำหนดให้คะแนนเท่ากันทุกข้อ ให้คะแนนข้อที่ตอบถูก 1 คะแนนข้อที่ตอบผิด 0 คะแนนและควรทำเฉลยคำตอบไว้ล่วงหน้าเพื่อทำให้ตรวจง่ายและรวดเร็ว

(2) แบบทดสอบเติมคำ เป็นแบบทดสอบประเภทตอบสั้นๆ มีขอบเขตในการตอบ โดยให้ผู้สอบหาคำตอบเองและเติมคำตอบลงในช่องว่างที่กำหนดให้ ลักษณะของแบบทดสอบจะเขียนเป็นประโยคคำถามหรือประโยคบอกเล่าที่เป็นข้อความยังไม่สมบูรณ์โดยเว้นช่องว่างไว้ส่วนใดของประโยคก็ได้เพื่อให้ผู้สอบได้เติมคำ หรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แบ่งออกเป็น 5 รูปแบบ ดังนี้

ก. แบบประโยคคำถาม เป็นประโยคคำถามแล้วเว้นช่องว่างให้เขียนตอบตอนท้ายประโยคเพียงคำเดียว วลีเดียว หรือตัวเลขจำนวนหนึ่งเท่านั้น

ข. แบบประโยคไม่สมบูรณ์ เป็นประโยคบอกเล่าที่ไม่สมบูรณ์โดยเว้นคำวลีหรือตัวเลขที่เกี่ยวข้องกับประโยคนั้นไว้เป็นช่องว่างเพื่อให้ผู้สอบเติมประโยคให้ได้ใจความสมบูรณ์

ค. แบบใช้ชุดคำถามเดียวกันหรือคำชี้แจงร่วมกัน จะใช้คำถามหรือคำชี้แจงร่วมกันเพื่อให้ผู้สอบได้เติมคำตอบในแต่ละข้อที่เว้นช่องว่างไว้

ง. แบบใช้การเปรียบเทียบหรืออุปมาอุปมัย จะเขียนสิ่งที่มีความสัมพันธ์กันหรือเกี่ยวข้องกันไว้เป็นคู่ในตอนนำ แล้วให้ผู้ตอบหาสิ่งที่มีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับคู่ที่ตามหา

จ. แบบให้เติมคำประพันธ์ จะกำหนดคำประพันธ์มาให้แต่ไม่ครบ จะเว้นคำประพันธ์บางส่วนไว้แล้วให้ผู้สอบเติมให้ครบถ้วน

(3) การตรวจให้คะแนนควรเฉลยคำตอบไว้ล่วงหน้าและเตรียมคำตอบอื่นๆ หรือถ้าข้อสอบใดมีหลายคำตอบ ต้องให้คะแนนคำตอบที่ถูกต้องทุกคำตอบ ไม่ควรหักคะแนนคำตอบถูกแต่สะกดผิด

ก. แบบทดสอบจับคู่ เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบชนิดพิเศษ ซึ่งมีชุดของคำถามที่มีตัวเลือกชุดหนึ่งร่วมกันแล้วให้ผู้สอบเลือกจับคู่ที่ตรงกันหรือมีความสัมพันธ์กับเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง และในแต่ละครั้งที่จับคู่ต่อไป ประกอบด้วย ชุดของคำหรือข้อความแยกออกเป็น 2 ชุด หรือ 2 คอลัมน์ โดยปกติจะให้ชุดทางซ้ายมือเป็นคำถาม หรือตัวนำเรื่อง ชุดทางขวามือเป็นคำตอบหรือตัวเลือก แล้วให้ผู้สอบเลือกจับค่าคำหรือข้อความใดระหว่างแต่ละชุดความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกัน ลักษณะสำคัญของแบบทดสอบแบบจับคู่ คือ คำหรือข้อความในแต่ละชุดควรมีลักษณะคล้ายคลึงกันหรือเป็นกลุ่มเดียวกัน แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

ข. แบบหาความสัมพันธ์กัน ประกอบด้วยข้อความที่มีความสัมพันธ์หรือสอดคล้องกัน

ค. แบบแยกประเภท เป็นรูปแบบที่เหมาะสมกับเนื้อหาที่มีหัวข้อหลักอยู่ไม่มากนัก และต้องการทราบรายละเอียดของแต่ละหัวข้อเหล่านั้น จึงให้หัวข้อหลักเป็นตัวคงที่ชุดหนึ่งแล้วหาตัวเลือกมาจับคู่กับหัวข้อหลัก

ง. แบบจัดเรียงใหม่ เป็นแบบทดสอบที่ต้องการให้ผู้สอบเรียงลำดับข้อความใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นลำดับเหตุการณ์ ลำดับขั้นการพิสูจน์ ลำดับขั้นการทำงาน ลำดับความสำคัญ กฎเกณฑ์หรือลำดับน้ำหนัก เป็นต้น

การตรวจให้คะแนน ควรทำเฉลยไว้ล่วงหน้า การให้คะแนนเท่ากันทุกข้อโดยข้อที่ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดได้ 0 คะแนน การตรวจควรนำเฉลยไปเทียบกับสิ่งที่ผู้สอบตอบแล้วให้คะแนนเฉพาะข้อที่ถูก และควรใช้หลักการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไข ถ้าผู้สอบตอบผิดควรแก้ไขให้ถูกก่อนจะส่งข้อสอบคืนให้ผู้เรียน

แบบทดสอบเลือกตอบ มีรูปแบบคำถามหลากหลายขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการถาม วิธีการถามและเนื้อหา แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

ก. แบบคำถามโดดหรือคำถามเดี่ยว เป็นรูปแบบที่ใช้กันทั่วไป ลักษณะของคำถามจะถามเฉพาะเรื่องใดเรื่องหนึ่งจบลงในตัวเองไม่เกี่ยวข้องกับข้ออื่น ๆ

ข. แบบตัวเลือกคงที่ ประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วน คือ ส่วนที่เป็นตัวเลือกและส่วนที่เป็นคำถาม การเขียนคำถามแบบนี้จะต้องเขียนคำชี้แจงของคำถามแต่ละชุดให้ชัดเจนแนวการเขียนคำถาม ได้แก่ ชนิดพิจารณาความถูกต้อง ชนิดพิจารณาความสอดคล้อง ชนิดพิจารณารูปภาพ ชนิดพิจารณาข้อเท็จจริง ชนิดพิจารณาเหตุผล ชนิดพิจารณาความรู้สึก ชนิดพิจารณาลักษณะและเรื่องราว ชนิดพิจารณาความบกพร่อง และชนิดพิจารณาความเหมาะสม เป็นต้น

ค. แบบกำหนดสถานการณ์ เป็นแบบกำหนดสถานการณ์จำลองขึ้น ซึ่งอาจอยู่ในรูปของข้อความหรือรูปภาพ แล้วเขียนคำถามเกี่ยวกับข้อความหรือรูปภาพที่กำหนดให้เป็นสถานการณ์นั้น แนวทางการเขียนมีรูปแบบในการเลือกสถานการณ์หลายชนิดโดยใช้สิ่งต่าง ๆ เป็นสถานการณ์ ได้แก่ ข้อความ โคลงหรือกลอน รูปภาพ แผนภูมิ กราฟหรือตาราง โจทย์เลขหรือการทดลอง บทสนทนา ประกาศข่าว บทความ โฆษณา จดหมาย หรือรูปแบบจดหมาย รูปประโยค เป็นต้น

การตรวจให้คะแนนข้อสอบเลือกตอบทำได้ง่าย และสะดวกเพราะสามารถทำเฉลยไว้ล่วงหน้า และสามารถตรวจด้วยมือหรือใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ได้

1. แบบทดสอบมาตรฐาน เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนทั่วๆ ไป ซึ่งสร้างโดยผู้เชี่ยวชาญ มีการวิเคราะห์และปรับปรุงอย่างดีจนมีคุณภาพ มีมาตรฐานในการสอบวิธีการให้คะแนนและแปลความหมายของคะแนน

สมนึก ภัททิยธนี (2558, น. 73-97) ได้กล่าวถึง ประเภทของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อาจแบ่งได้ 2 ประเภทคือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเนื่องจากครูผู้สอนต้องทำหน้าที่วัดผลผู้เรียน ครูจึงต้องเขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาที่ตนสอน และแบบทดสอบมาตรฐาน ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะข้อสอบที่ครูผู้สอนสร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 6 ประเภทดังนี้

1) ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective of Essay Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2) ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-false Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

3) ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์และถูกต้อง แล้วให้เติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

4) ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) ข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ มีการเขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบที่ต้องการ โดยการตอบอย่างสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5) ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำหรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่า แต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะจับคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6) ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในส่วนของตอนเลือกนี้จะประกอบด้วย ตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง มีคำถามให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่นๆ

จากการศึกษาเอกสารที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีวิธีการวัดผลการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบ ได้แก่ ข้อสอบแบบอัตนัย หรือความเรียง ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ ข้อสอบแบบจับคู่ ข้อสอบแบบเลือกตอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของแต่ละบุคคลซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ และแบบอัตนัย 12 ข้อ รวมทั้งหมด 40 ข้อ

3.3 การสร้าง และหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

ในการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลักในการวางแผนออกข้อสอบดังนี้ Ebel and Fribie (1986, p. 57-80)

3.3.1 หลักในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2552, น. 97-99) ได้กล่าวถึง ขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1) วิเคราะห์หลักสูตรและสร้างตารางวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาสาระและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด ตารางวิเคราะห์หลักสูตรจะใช้เป็นกรอบในการออกข้อสอบ โดยระบุจำนวนข้อสอบในแต่ละเรื่องและพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดไว้

2) กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ เป็นพฤติกรรมที่เป็นผลการเรียนรู้ที่ผู้สอนมุ่งหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน ซึ่งผู้สอนจะกำหนดไว้ล่วงหน้าสำหรับแนวทางในการจัดการเรียนการสอนและการสร้างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์

3) กำหนดชนิดของข้อสอบและวิธีการสร้าง โดยการศึกษาตารางวิเคราะห์หลักสูตรและจุดประสงค์การเรียนรู้ ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาและตัดสินใจเลือกใช้ข้อสอบที่จะใช้วัดโดยต้องเลือกให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน แล้วศึกษาวิธีเขียนข้อสอบชนิดนั้นให้มีความรู้ความเข้าใจหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

4) เขียนข้อสอบ ผู้ออกข้อสอบต้องเขียนข้อสอบตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร และให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยอาศัยหลักและวิธีการเขียนข้อสอบ

5) ตรวจทานข้อสอบ เพื่อให้การเขียนข้อสอบมีความถูกต้องตามหลักวิชาการมีความสมบูรณ์ครบถ้วนตามรายละเอียดที่กำหนดไว้ในตารางวิเคราะห์หลักสูตร ผู้ออกข้อสอบต้องพิจารณาทบทวนตรวจทานข้อสอบอีกครั้งก่อนที่จะจัดพิมพ์และนำไปใช้ต่อไป

6) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับทดลอง เมื่อตรวจทานข้อสอบเสร็จแล้วให้พิมพ์ข้อสอบทั้งหมด การจัดทำแบบทดสอบฉบับทดลองโดยมีคำชี้แจงหรือคำอธิบายตอบแบบทดสอบ และจัดวางรูปแบบการพิมพ์ให้เหมาะสม

7) ทดลองและวิเคราะห์ข้อสอบ เป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบก่อนนำไปใช้จริง โดยนำแบบทดสอบไปทดลองกับกลุ่มที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันกับกลุ่มที่ต้องการทดสอบจริง แล้วนำผลมาวิเคราะห์และปรับปรุงข้อสอบให้มีคุณภาพ

8) จัดทำแบบทดสอบ หากพบว่าข้อสอบใดไม่มีคุณภาพหรือมีคุณภาพไม่ดีอาจจะต้องตัดทิ้ง หรือปรับปรุงแก้ไขข้อสอบให้มีคุณภาพดีขึ้น แล้วจัดทำแบบทดสอบฉบับจริงที่จะนำไปทดลองกับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2552, น. 179-186) กล่าวว่า การวางแผนสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี จะต้องมีการเตรียมตัวและมีการวางแผน เพื่อให้แบบสอบดังกล่าวมีกลุ่มตัวอย่างของพฤติกรรมที่ต้องการวัดได้อย่างเด่นชัดจากการสอบแต่ละครั้ง ซึ่งต้องอาศัยกรรมวิธีอย่างมีระบบในการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่1 กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยระบุเป็นข้อและให้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมซึ่งจะต้องสอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการสอบด้วย

ขั้นที่ 2 กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระ เนื่องจากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ควรจะระบุเนื้อหาที่จะทดสอบตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงต้องมีโครงเรื่องครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดที่จะทำการทดสอบ

ขั้นที่ 3 เตรียมตารางเฉพาะ เป็นตารางที่สร้างขึ้นเพื่อแสดงหัวข้อเรื่องที่ต้องการจะทดสอบ และระดับของพฤติกรรมที่ต้องการจะวัด นอกจากนั้นยังแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างหัวข้อเรื่องแต่ละเรื่องด้วย

ขั้นที่ 4 สร้างข้อกระทงหมดที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตารางเฉพาะจากการศึกษาการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 173-190) กล่าวถึง ขั้นตอนของการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบโดยต้องสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

2) ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขตและแนวทางการสร้างเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบที่มีคุณภาพ ประกอบด้วย

(1) การวางแผนการทดสอบ ควรมีการทดสอบอย่างน้อย ภาคเรียนละ 2 ครั้ง

(2) การกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ ได้แก่ แบบทดสอบอิงกลุ่ม แบบทดสอบข้อเขียน แบบทดสอบเสนอคำตอบ แบบทดสอบความเร็ว และแบบทดสอบเป็นกลุ่ม

(3) การสร้างแผนผังการทดสอบ เพื่อให้จุดมุ่งหมายการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอนและการสร้างแบบทดสอบมีความสัมพันธ์กัน

(4) การสร้างผังข้อสอบ เพื่อเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าจะวัดเนื้อหาอะไร และจะวัดจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้อะไร ขอบเขตของเนื้อหาวิชาตลอดจนการกำหนดน้ำหนักความสำคัญหรือสัดส่วนข้อสอบสำหรับวัดพฤติกรรมที่ต้องการทดสอบแต่ละครั้ง

3) เขียนข้อสอบ โดยผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดีและต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียน โดยมีลำดับขั้นตอนการเขียนดังนี้

(1) กำหนดแบบแผนข้อสอบ

(2) ร่างข้อสอบ

(3) ทบทวนร่างข้อสอบโดยผู้เขียนข้อสอบและโดยผู้อื่น เช่น อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญ

(4) บรรณาธิการข้อสอบ โดยการปรับปรุงข้อบกพร่อง รวมทั้งขัดเกลาข้อความและภาษาให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4) ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ควรระมัดระวังในการเลือกกลุ่มตัวอย่างที่ใช้การทดสอบข้อสอบ ไม่ควรใช้กลุ่มตัวอย่างที่แตกต่างจากกลุ่มเป้าหมายอย่างสุดขั้วเมื่อทดลองใช้แล้วนำมาวิเคราะห์และคัดเลือกข้อสอบ โดยการหาความยากง่ายและอำนาจจำแนกที่เหมาะสม นำข้อสอบมารวมกันเป็นแบบทดสอบ และทำการวิเคราะห์แบบทดสอบโดยการหาความเที่ยงและความตรง

5) นำแบบทดสอบไปใช้

6) วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ ด้านความเที่ยงตรง

7) ปรับปรุงแบบทดสอบ

จากการศึกษาขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ขั้นตอนการสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีดังนี้

1) การวิเคราะห์หลักสูตร จุดประสงค์ เนื้อหาวิชา เพื่อนำมาพิจารณาเขียนแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2) กำหนดข้อคำถาม และรูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีความเหมาะสมกับผู้เรียน

3) สร้างตารางกำหนดจำนวนข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการใช้ภาษาที่มีความชัดเจนเข้าใจง่าย และเหมาะสมกับผู้เรียน

4) พิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับทดลอง เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มทดลองที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบและวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบตามเกณฑ์โดยใช้ค่าอำนาจจำแนกและหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

5) ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบและพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับจริงที่ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

สมนึก ภัททิยธนี (2558, น. 97) ได้กล่าวถึง การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า

1) ครูผู้สอนควรทำความเข้าใจข้อสอบแต่ละชนิดและทุกครั้งที่จะออกข้อสอบชนิดใดควรคำนึงถึงหลักการออกข้อสอบชนิดนั้น ๆ ด้วย

2) ข้อสอบชนิดใดก็ตามหากมีคุณสมบัติเป็นไปตามคุณลักษณะของแบบทดสอบที่ดีหลายประการก็เป็นข้อสอบที่ดีมากเท่านั้น

3) ปัจจุบันนักเรียนมีจำนวนมาก การพิมพ์และการตรวจข้อสอบสามารถใช้เครื่องจักรกลแทนการตรวจด้วยคน จึงควรใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบ

4) โดยทั่วไปในการสอบแต่ละครั้ง ควรจะใช้ข้อสอบเพียง 2 ชนิด ได้แก่ ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียงกับข้อสอบแบบเลือกตอบ ส่วนข้อสอบชนิดอื่นๆ จะใช้เป็นแบบฝึกหัดหรืออาจจะเป็นการทดสอบย่อย เพื่อสร้างแรงจูงใจนักเรียนสนใจในวิชาที่กำลังสอน และสามารถพัฒนาให้เป็นข้อสอบ 2 ชนิดนี้ กล่าวคือ

(1) ถ้าเป็นข้อสอบแบบกาถูก – กาผิด ควรพัฒนาให้เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ

(2) ถ้าเป็นข้อสอบแบบจับคู่ ควรพัฒนาให้เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิดตัวเลือกคงที่

(3) ถ้าเป็นข้อสอบแบบเติมคำหรือตอบสั้นๆ ควรพัฒนาให้เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ (ถ้าให้ตอบสั้นๆ) หรือแบบอัตนัย (ถ้าให้ตอบยาว ๆ)

3.3.2 การตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, น. 223-224) กล่าวถึงการวิเคราะห์ข้อสอบว่า เป็นเทคนิคการตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อ ตัวบ่งชี้คุณภาพของข้อสอบที่สำคัญได้แก่ ค่าความยากง่ายข้อสอบและค่าอำนาจจำแนกข้อสอบ ผลการวิเคราะห์จะทำให้ทราบว่าข้อสอบแต่ละข้อได้ทำหน้าที่อย่างเหมาะสมหรือไม่

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2553, น. 135-161) ได้กล่าวถึงการหาคุณภาพของแบบทดสอบดังนี้

1) การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม มีวิธีวิเคราะห์ ดังนี้

(1) นำข้อสอบไปสอบตรวจให้คะแนน และเรียงกระดาษคำตอบตามลำดับคะแนนจากมากไปน้อย

(2) แบ่งกระดาษคำตอบออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเรียกว่ากลุ่มสูง และกลุ่มหลังเรียกว่ากลุ่มต่ำ

(3) หาจำนวนคนที่ตอบถูกของแต่ละข้อในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

(4) หาค่าความยากง่ายของแต่ละข้อ โดยรวมจำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ แล้วหารด้วยจำนวนกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำรวมกันทั้งหมด

(5) หาค่าอำนาจจำแนกของแต่ละข้อ โดยเอาจำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงลบด้วยจำนวนคนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ แล้วหารด้วยจำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ การวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ มีวิธีการดังนี้

ก. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับผู้สอบกลุ่มหนึ่งทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยข้อสอบชุดเดิม

ข. ตรวจกระดาษคำตอบของผู้ทดสอบที่สอบก่อนและหลังเรียน

ค. หาความยากของแต่ละข้อ

ง. หาดัชนีความไว

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2554, น. 49) กล่าวว่า การตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต้องตรวจสอบความตรงและความเที่ยง ดังนี้

1) การตรวจสอบความตรง สามารถตรวจสอบได้ดังนี้

(1) ความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) เป็นการพิจารณาว่าข้อคำถามในเครื่องมือวัดเป็นตัวแทนของเนื้อหาทั้งหมดที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยให้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียน (IOC)

(2) ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ (Criterion3related validity) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้กับเกณฑ์ ความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์ แบ่งเป็นความตรงตามสภาพและความตรงเชิงพยากรณ์ ความแตกต่างของความตรงทั้ง 2 ประเภท อยู่ที่เวลา กล่าวคือถ้าคะแนนเกณฑ์และคะแนนที่ได้จากการสอบหรือจากการวัดได้มาในเวลาเดียวกันก็เป็นความตรงตามสภาพแต่ถ้าคะแนนเกณฑ์และคะแนนที่ได้จากการสอบได้มาคนละเวลากัน ก็เป็นความตรงเชิงพยากรณ์

(3) ความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct validity) เป็นการวัดคุณลักษณะทางจิตวิทยา คำว่า “โครงสร้าง” เป็นสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตและวัดได้โดยตรง แต่สามารถอ้างอิงจากทฤษฎีทางจิตวิทยา

2) การตรวจสอบความเที่ยง การตรวจสอบความเที่ยงขอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถตรวจสอบได้หลายวิธี ดังนี้

(1) การสอบซ้ำ เป็นการตรวจสอบความเที่ยงโดยการนำแบบทดสอบฉบับเดียวกันไปสอบกับกลุ่มเดียวกัน 2 ครั้ง โดยเว้นระยะเวลาห่างกัน 7-10 วัน แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

(2) วิธีการใช้ฟอร์มเทียบเท่าหรือฟอร์มคู่ขนาน เป็นการตรวจสอบความเที่ยงโดยนำแบบทดสอบ 2 ฉบับ ที่มีลักษณะเหมือนกันไปสอบผู้สอบกลุ่มเดียวกันในวันเดียวกัน แล้วนำคะแนนที่ได้จากการสอบมาหาสหสัมพันธ์กัน

(3) วิธีการหาความสอดคล้องภายใน เป็นวิธีการหาความเที่ยงจากการใช้แบบทดสอบเพียงฉบับเดียวและดำเนินการสอบเพียงครั้งเดียว นำมาหาความเที่ยงโดยใช้วิธีการหาความสอดคล้องภายใน สามารถทำได้ 4 วิธี ได้แก่ วิธีแบ่งครึ่ง วิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา และวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนของฮอยท์

สมนึก ภัททิยธนี (2558, น. 67-71) กล่าวว่า แบบทดสอบเป็นเครื่องมือวัดผลที่มีคุณค่าและสำคัญที่สุด แต่แบบทดสอบที่นำไปใช้จะต้องมีคุณภาพ ซึ่งต้องมีลักษณะที่ดี 10 ประการ คือ ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น ความยุติธรรม ความลึกของคำถาม ความยั่วยุ ความจำเพาะเจาะจง ความเป็นปรนัยมีประสิทธิภาพ อำนาจจำแนกและความยากง่าย

จากที่กล่าวมาเราสามารถวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบได้หลายประการแต่ที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย การวิเคราะห์ค่าความเที่ยงตรงเชิง เนื้อหา ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่น มีรายละเอียดดังนี้

ประเภทของการหาคุณภาพของแบบทดสอบ

1) ความเที่ยงตรง (Validity)

หมายถึง คุณภาพของแบบทดสอบที่สามารถวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการหรือวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ความเที่ยงตรงจึงเปรียบเสมือนหัวใจของการทดสอบซึ่งลักษณะความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา มีดังนี้

ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่วัดได้ตรงกับเนื้อหาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือตรงกันเนื้อหาที่ทำการสอน กล่าวคือ เมื่อสอนเนื้อหาใดก็ออกข้อสอบวัดให้ตรงกับเนื้อหานั้น และที่เน้นเป็นสำคัญอยู่ที่ต้องเขียนคำถามให้สอดคล้องกับน้ำหนักความสำคัญของเนื้อหานั้น (สมนึก ภัททิยธนี, 2558, น. 67-68) ตรวจสอบด้วยวิธีการหาค่า IOC (Item objective congruence index) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องแล้วนำผลการตรวจสอบมาคำนวณหาค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์หรือนิยาม ซึ่งการตรวจโดยผู้เชี่ยวชาญมีประเด็นสำคัญ (พิสณุ ฟองศรี, 2552, น. 153-155) ดังนี้

2) จำนวนและคุณสมบัติผู้เชี่ยวชาญ ผู้เชี่ยวชาญที่ตรวจควรมี 3 คนขึ้นไป ซึ่งต้องกำหนดคุณสมบัติให้เหมาะสมกับแบบทดสอบที่ตรวจ โดยใช้ผู้ที่มีคุณวุฒิหรือประสบการณ์ด้านวัดประเมินผลหรือวิจัย 1 คน ที่เหลืออาจเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาวิชาของ

แบบทดสอบ ซึ่งอาจกำหนดคุณสมบัติต่างๆ เช่น วุฒิปริญญาโทขึ้นไป หรือมีผลงานที่เกี่ยวข้องภายใน 5 ปีที่ผ่านมา อย่างน้อย 1 ชิ้น เป็นต้น

3) การคัดเลือกผู้เชี่ยวชาญ ควรเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถจริง และยินดีให้ความอนุเคราะห์ โดยต้องทาบทามด้วยวาจาก่อนว่ามีเวลาหรือไม่ ไม่ควรเลือกผู้เชี่ยวชาญที่เพียงแต่มีคุณสมบัติตามที่กำหนด เพราะผู้เชี่ยวชาญคือผู้ช่วยให้เครื่องมือที่สร้างมีคุณภาพ

4) รูปแบบ (Format) รูปแบบที่ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจควรมีองค์ประกอบครบถ้วนทั้งวัตถุประสงค์ เนื้อหา ข้อสอบรายข้อ และตัวเลือก ช่องให้ตรวจ และอาจมีช่องข้อเสนอแนะด้วยก็ได้พร้อมทั้งคำชี้แจงและเอกสารที่เกี่ยวข้องแนบไปด้วย ที่สำคัญคือต้องมีรูปแบบที่ถูกต้อง เพื่อความสะดวกรวดเร็วในการตรวจ

5) สูตรที่ใช้ในการหาความตรง การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบชนิดเลือกตอบและชนิดอื่นๆ ที่นิยมกันมาก คือ สูตรคำนวณหาค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์ที่เรียกว่า IOC

การให้คะแนน

ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องเหมาะสม = 1 คะแนน

ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องไม่เหมาะสม = -1 คะแนน

ผู้เชี่ยวชาญให้ช่องไม่แน่ใจ = 0 คะแนน

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 52-53)

โดยใช้สูตร $IOC = \frac{\sum R}{N}$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

R แทน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น +1

ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น 0

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น -1

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์การผ่าน ต้องได้ค่า IOC = 0.50 ขึ้นไป แสดงว่าข้อคำถามวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์

1) ความยากง่าย (Difficulty)

หมายถึง สัดส่วนของนักเรียนที่ตอบข้อสอบข้อนั้นได้ถูกต้องกับจำนวนนักเรียนที่เข้าสอบทั้งหมด ข้อสอบที่ดีคือข้อสอบที่ไม่ยากหรือง่ายเกินไปเรียกว่ามีความยากง่าย

เหมาะสมเพราะคุณค่าของข้อสอบดังกล่าวจะช่วยจำแนกผู้สอบได้ว่าใครเก่งใครอ่อน ข้อสอบข้อใดที่ไม่มีใครทำได้ถูก หรือข้อสอบที่ทุกคนทำถูก ต่างก็ไม่สามารถจำแนกผู้สอบได้ว่าใครเก่งใครอ่อน จึงไม่มีคุณค่าในการจำแนก ส่วนทฤษฎี การวัดผลแบบอิงเกณฑ์ถือว่าข้อสอบที่ดีคือสามารถวัดได้ว่าผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การที่ทุกคนทำข้อสอบได้ถูก แสดงว่าเขาบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ดังนั้น สิ่งสำคัญของข้อสอบอยู่ที่ว่าสามารถวัดในจุดประสงค์ได้จริงหรือไม่ ถ้าวัดได้จริงก็นับเป็นข้อสอบที่ดีแม้จะเป็นข้อสอบที่ง่ายก็ตาม (สมนึก ภัททิยธนี, 2558, น. 71)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 58-61)

$$p = \frac{R}{T}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

R แทน จำนวนผู้สอบที่เลือกคำตอบถูก

T แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมด

เกณฑ์การแปลความหมายค่าความยากง่าย

ค่าความยากง่าย	การแปลความหมาย
0.81 ถึง 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
0.61 ถึง 0.80	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.41 ถึง 0.60	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ
0.21 ถึง 0.40	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 ถึง 0.20	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

สรุป ค่าความยากง่ายที่ใช้ได้ มีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าที่ดีที่สุด คือ 0.40-0.59

1) อำนาจจำแนก (Discrimination)

หมายถึง ความสามารถของข้อสอบในการจำแนกผู้สอบที่มีคุณลักษณะ หรือความสามารถแตกต่างกันออกจากกันได้ ข้อสอบที่ดีจะต้องมีอำนาจจำแนกสูงตามทฤษฎีการวัดผลแบบอิงกลุ่ม (Norm Referenced measurement) อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จำแนกผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อน ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูง แสดงว่า คนกลุ่มเก่งทำข้อสอบข้อนั้นถูก แต่คนกลุ่มอ่อนทำไม่ถูก ส่วนทฤษฎีการวัดผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion referenced measurement) หมายถึง ความสามารถของข้อสอบนั้นในการจำแนกผู้สอบออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มรอบรู้กับกลุ่มไม่รอบรู้ ถ้าข้อสอบมีอำนาจจำแนกสูงแสดงว่าคนกลุ่มรอบรู้ทำข้อสอบข้อนั้นถูก แต่คนกลุ่มไม่รอบรู้ทำไม่ถูก (สมนึก ภัททิยธนี, 2558, น. 71)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 58-61)

$$r = \frac{H - L}{N_H}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด

เกณฑ์การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก

ค่าอำนาจจำแนก	หมายความว่า
0.40 และสูงกว่า	เป็นข้อสอบที่ดีมาก
0.30 ถึง 0.30	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 ถึง 0.29	เป็นข้อสบที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรแก้ไขใหม่

สรุป เกณฑ์การพิจารณา ขอบเขตของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ยอมรับคือ 0.20 ขึ้นไป ส่วนตัวลวงจะต้องมีค่าความยากพอสมควรคือ ประมาณ 5% ค่าอำนาจจำแนกต้องไม่เป็นศูนย์หรือมีค่าติดลบ

2) ความเที่ยง (Reliability)

หมายถึง ลักษณะของแบบทดสอบทั้งฉบับที่สามารถวัดได้คงที่คงวาไม่เปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะทำการสอบกี่ครั้งก็ตาม เช่น สร้างแบบทดสอบชุดหนึ่งแล้วนำไปทดสอบนักเรียนกลุ่มหนึ่ง 2 ครั้ง โดยให้มีเวลาห่างกันประมาณ 1-8 สัปดาห์ ถ้าพบว่านักเรียนแต่ละคนทำคะแนนได้เท่าเดิมทั้ง 2 ครั้ง แสดงว่าแบบทดสอบชุดนี้มีความเที่ยงสูง (สมนึก ภัททิยธนี, 2558, น. 69) โดยการหาค่าความเที่ยงใช้วิธีการหาความสอดคล้องภายใน เป็นการหาค่าความเที่ยงที่ใช้แบบทดสอบฉบับเดียวทำการทดสอบเพียงครั้งเดียว ซึ่งเหมาะสำหรับแบบทดสอบที่มีการสอบเพียงครั้งเดียว และเป็นแบบทดสอบที่วัดในสิ่งเดียวกัน โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Richardson Method) ตามแบบของครอนบาค (Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 72) ซึ่งมีสูตรดังนี้

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

เมื่อ α แทน ความเที่ยงของเครื่องมือการวิจัย

K แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามที่ i

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

โดยที่ $S^2 = \frac{N\sum X^2-(\sum X)^2}{N(N-1)}$

N แทน จำนวนผู้สอบ

X แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

เกณฑ์การผ่าน ค่าความเที่ยงจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1 ซึ่งแบบทดสอบที่ดีควรมีค่าความเที่ยงมากกว่า 0.70

สรุปได้ว่า ในการตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งเป็นการวิเคราะห์คุณภาพเครื่องมือ การวิเคราะห์ข้อสอบ และการหาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์ ซึ่งวิเคราะห์ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามแต่ละข้อกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่เรียกว่า IOC (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 52-53) วิเคราะห์ข้อสอบแบบรายข้อ โดยหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 58-61) และหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของครอนบาค (Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 70-72)

4. การคิดวิเคราะห์

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหัวข้อ ความหมาย ความสำคัญ ประเภท องค์ประกอบ การวัดความสามารถ การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 ความหมายและความสำคัญของการคิดวิเคราะห์

4.1.1 ความหมายของการคิดวิเคราะห์

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความหมายของการคิดวิเคราะห์ ไว้ดังนี้

Bloom (1956) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง เป็นความสามารถในการแยกแยะเนื้อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นผล และผลเป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการของอะไร

Bloom (1976, p. 37) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์เป็นการตรึกตรองและมีเหตุผลของบุคคลเป็นขั้นตอนโดยการเรียนรู้จากการรู้ การจำ การเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

Ennis (1985, p. 45) ให้นิยามความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการคิดตรึกตรองและมีเหตุผล เพื่อการตัดสินใจก่อนที่จะเชื่อหรือลงมือปฏิบัติ

Mazano (2001, p. 30-37) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า เป็นความสามารถในการใช้เหตุผล คิดลุ่มลึก พิจารณาข้อมูลอย่างละเอียดรอบด้าน สามารถจำแนกแยกแยะ ระบุความเหมือนความแตกต่างระหว่างสิ่งต่างๆ ได้ ซึ่งมีกระบวนการสำคัญ 5 ประการ คือ 1) การจำแนก 2) การจัดหมวดหมู่ 3) การวิเคราะห์ข้อผิดพลาด 4) การสรุปเป็นหลักการ และ 5) การทำนาย

Facione (2006) ได้อธิบายถึงการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นกระบวนการการให้เหตุผลและทำการตัดสินเกี่ยวกับสิ่งที่เชื่อหรือสิงที่ทำโดยมีกฎเกณฑ์ที่ชัดเจน

Scriven & Paul (2008) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นกระบวนการทางสติปัญญาในเชิงรุกและชำนาญ คล่องแคล่วในแนวคิดการประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินข้อมูลที่รวบรวมหรืออ้างอิงโดยการสังเกตประสบการณ์ การสะท้อนการให้เหตุผล การสื่อสาร ในฐานะเป็นแนวทางความเชื่อและการปฏิบัติ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับคุณค่าและเกณฑ์ดังต่อไปนี้ ได้แก่ การทำให้ชัดเจน ความถูกต้อง ความแม่นยำ ความคงเส้นคงวา ความสอดคล้อง การระบุหลักฐาน การให้เหตุผลที่ดี ความลุ่มลึก ความไม่มีอคติ และความยุติธรรม

Reid (2009, a: Quoted in Reid & Anderson, 2012, p. 52) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่างความรู้ ทักษะและกลวิธีที่ใช้ในการแก้ไขและปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหาการตัดสินใจอย่างมีเหตุผลและดำเนินการอย่างสร้างสรรค์

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2555, น. 31) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การคิดวิเคราะห์เป็นการคิดที่สามารถจำแนกแยกแยะข้อมูลหรือวัตถุสิ่งของต่างๆ หรือเหตุการณ์ เรื่องราว ออกเป็นส่วยย่อยตามหลักการหรือเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อค้นหาความจริง หรือความสำคัญที่แฝงอยู่หรือปรากฏอยู่จนเกิดความคิดที่จะนำไปสู่ข้อสรุปและการนำไปประยุกต์ใช้

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, น. 70) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดและจำแนกแยกแยะข้อมูลองค์ประกอบของสิ่งต่างๆไม่ว่าจะเป็นวัตถุ เรื่องราว เหตุการณ์ต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ และจัดเป็นหมวดหมู่ เพื่อค้นหาความจริง ความสำคัญ องค์ประกอบหรือหลักการของเรื่องนั้นๆ สามารถอธิบายตีความสิ่งที่เห็น ทั้งที่อาจแฝงซ่อนอยู่ภายในสิ่งต่างๆ หรืออ ปรากฏได้อย่างชัดเจน รวมทั้งหาความสัมพันธ์และความ

เชื่อมโยงของสิ่งต่างๆ ว่าเกี่ยวพันกันอย่างไร อะไรเป็นสาเหตุ เป็นผล ส่งผลกระทบต่อกันอย่างไร อาศัยหลักการใดจนได้ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุป การประยุกต์ใช้ ทำนายหรือคาดการณ์สิ่งต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

ทิศนา แขมมณี และคณะ (2557, น. 386) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง การแยกแยะข้อมูล หรือภาพรวมของสิ่งใดสิ่งหนึ่งออกเป็นส่วนย่อย ๆ และจัดข้อมูลเป็นหมวดหมู่ตามเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อให้เข้าใจ และเห็นความสำคัญของข้อมูล

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2557, น. 9) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ หมายถึง การคิดแยกแยะข้อมูล ทั้งนี้เป็นข้อเท็จจริง และความคิดเห็นออกเป็นส่วยย่อยๆ และมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของข้อมูลเหล่านั้น และใช้เป็นพื้นฐานในการคิดระดับอื่นๆ เพื่อทำให้เกิดความเข้าใจเหตุการณ์ในแง่มุมต่างๆได้ชัดเจนขึ้น

วัชรา เล่าเรียนดี (2560, น. 10-11) ได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง การแสดงออกด้วยคำพูด หรือพฤติกรรมการปฏิบัติที่บอกถึงความรู้ความเข้าใจในเรื่องต่างๆ อย่างละเอียด สามารถอธิบายเหตุผล ระบุปัญหา ระบุความเชื่อมโยง สามารถจำแนกส่วนประกอบต่างๆ รวบรวมข้อมูลที่สำคัญเพื่อนำมาเป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจและประเมินผลหรือเพื่อสรุปอย่างเหมาะสม

นักการศึกษาได้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดวิเคราะห์ ไว้ดังนี้

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2553, น. 12-13) ได้กล่าวไว้ว่า ผลจากการฝึกให้คิดจะช่วยให้เกิดประโยชน์ได้ดังนี้

1) สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีระบบมีหลักการและเหตุผล ผลงานที่ได้รับมีประสิทธิภาพ

2) สามารถพิจารณาสิ่งต่างๆ และประเมินงาน โดยใช้หลักเกณฑ์อย่างสมเหตุสมผล

3) รู้จักประเมินตนเองและผู้อื่นได้อย่างถูกต้อง

4) ได้เรียนรู้เนื้อหาได้รับประสบการณ์ที่มีคุณค่า มีความหมายและเป็นประโยชน์

5) ได้ฝึกทักษะการทำงาน การใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา

6) มีความรู้ความสามารถ มีกระบวนการทำงานอย่างเป็นระบบขั้นตอน นับตั้งแต่การกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ค้นคว้าความรู้ ทฤษฎี หลักการ ตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมาย และลงข้อสรุป

7) ส่งเสริมความสามารถในการใช้ภาษาและสื่อความหมาย

8) เกิดความสามารถในการคิดอย่างชัดเจน คิดอย่างถูกต้อง คิดอย่างแจ่มแจ้ง คิดอย่างกว้างขวาง คิดไกล และคิดอย่างลุ่มลึก ตลอดจนคิดอย่างสมเหตุสมผล

9) ทำให้เป็นผู้มีปัญญา มีคุณธรรมจริยธรรม ความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย มีความเมตตากรุณาและเป็นผู้มีประโยชน์ต่อสังคม

10) มีทักษะและความสามารถในการอ่าน เขียน พูด ฟังและมีทักษะการสื่อสารกับผู้อื่นได้เป็นอย่างดี

11) พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตได้อย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ (2553, น. 31) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการคิดวิเคราะห์ ดังนี้

1) ทำให้สามารถแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูล หรือจากความคิดเห็น มีความกระจ่างชัดเจน ทำให้มองเห็นเป็นแนวทางในการจัดสินใจที่จะทำงานหรือดำเนินกิจกรรมต่างๆ อย่างเป็นระบบ บรรลุเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ

2) เป็นรากฐานสำคัญของการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ การแสวงหาความรู้ ทำให้รู้จักคิดจำแนกแยกแยะสิ่งที่เรียนรู้ จัดประเภทสิ่งต่างๆ อย่างมีหลักเกณฑ์ สามารถทำนายผลหรือคาดการณ์สิ่งที่จะเกิดขึ้นได้ใกล้เคียงความเป็นจริง นำไปสู่การตัดสินในอย่างเหมาะสม

3) ทำให้เป็นคนมีเหตุผล มีหลักการไม่กระทำสิ่งใดๆ ตามใจตนเองอย่างเลื่อนลอยไร้ทิศทาง ไม่สรุปเรื่องราวต่างๆ ตามอารมณ์ หรือความรู้สึกของตนเอง

4) ทำให้เป็นผู้ที่น่าเชื่อถือ ได้รับการยอมรับจากผู้อื่นในด้านการแสดงความคิดเห็นหรือการให้ข้อเสนอแนะอย่างมีเหตุผล

5) สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้อย่างมีเหตุผล ตามขั้นตอน ถูกต้อง และสามารถปรับตนเองให้เข้ากับสถานการณ์ เหตุการณ์ต่างๆ ในสังคมโลกยุคปัจจุบันได้ ไม่คล้อยตามหรือหลงเชื่อบุคคลอื่นจนเกิดความพลาดพลั้งในกิจการต่างๆ

6) ทำให้เป็นผู้มีทักษะในการลำดับเหตุการณ์ เรื่องราวต่างๆ หลอมรวมได้ใจความเพื่อนำเสนอความคิดเห็นอย่างมีเหตุผลไปยังบุคคลและองค์กรต่างๆได้

7) ทำให้สามารถประมวลผลข้อคิดเห็นของบุคคลที่หลากหลายมาสัมพันธ์กันเพื่อนำมาสรุปเป็นแนวคิดใหม่นำไปใช้ในการพัฒนาและ/หรือปรับปรุงคุณภาพของงาน

8) ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันมาเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ และสามารถตรวจสอบความถูกต้องตามหลักเกณฑ์ได้ตรงประเด็น

จากความหมายข้างต้นสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนก แยกแยะ อย่างมีเหตุผล ว่าข้อมูลในแต่ละเนื้อหา เรื่องราว เหตุการณ์ มีความสำคัญ มีองค์ประกอบหรือมีหลักการของเรื่องนั้นๆ และมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงของสิ่งต่างๆอย่างไร จนได้ความคิดเพื่อนำไปสู่การสรุป การนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อย่างถูกต้อง

4.2 ขอบเขตและประเภทของการคิดวิเคราะห์

Bloom (1956, p. 148-150) ได้กล่าวถึงประเภทของการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วย 3 ด้านดังนี้

1) การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ หรือเนื้อหาของสิ่งต่างๆ (Analysis of Element) เป็นความสามารถในการแยกแยะได้ว่า สิ่งใดสำคัญและจำเป็น ดังรายละเอียดย่อยดังนี้

(1) การวิเคราะห์ชนิดของสิ่งของ/เหตุการณ์ จัดเป็นชนิดใด ลักษณะใด เพราะเหตุใด

(2) การวิเคราะห์สิ่งสำคัญ เพื่อระบุว่าสิ่งใดสำคัญ/ไม่สำคัญ เป็นการค้นหาสาระสำคัญ ข้อความหลัก ข้อสรุป จุดเด่น จุดด้อย ของสิ่งต่างๆ

(3) การวิเคราะห์สิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้นอยู่ วิเคราะห์เลศนัย เป็นการมุ่งค้นหาสิ่งที่แอบแฝงซ่อนเร้น

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationship) เป็นการค้นหาว่ามีอะไรที่สัมพันธ์กัน สัมพันธ์กันอย่างไร มากน้อยเพียงใด สอดคล้องหรือขัดแย้งกัน ประกอบด้วย

(1) การวิเคราะห์ชนิดของความสัมพันธ์ เพื่อจัดกลุ่มเป็นพวกเดียวกัน การวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงเหตุผล และเพื่อระบุความเหมือน/ความแตกต่าง

(2) การวิเคราะห์ขนาดของความสัมพันธ์ เป็นการระบุความมาก/น้อย ของความสัมพันธ์ การเรียง/จัดลำดับความสัมพันธ์ เช่น น้อย-มาก ขนาด ระยะเวลา ใกล้-ไกล ก่อน-หลัง

(3) การวิเคราะห์ขั้นตอนความสัมพันธ์ เป็นการเรียงลำดับขั้นตอนของเหตุการณ์ ตามลำดับก่อนหลัง วงจรของสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นมาตามลำดับขั้นตอน เมื่อเกิดแล้วจะเกิดผลลัพธ์อะไร

3) การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of Organization Principles) หมายถึง การค้นโครงสร้างระบบ เรื่องราว สิ่งของและการทำงานต่างๆ ว่า สิ่งเหล่านั้นดำรงอยู่ได้ในสภาพเช่นนั้นเนื่องจากอะไร มีแกนหลัก เทคนิค ยึดถือคติใด มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยง การวิเคราะห์เป็นหลักการได้ประกอบด้วย การวิเคราะห์โครงสร้าง ระบุโครงสร้างของสิ่งสิ่งหนึ่งโดยพิจารณาความสัมพันธ์กับข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์แบบซ้ำๆ กัน เป็นการแยกแยะข้อมูลเพื่อค้นหาความจริงของสิ่งต่างๆ

แล้วสรุปเป็นคำตอบหลัก โดยอาศัยความรู้เดิมลักษณะของสิ่งต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในการคิดวิเคราะห์ เช่น วิเคราะห์สถานการณ์ บุคคล วัตถุ ข้อความ ข่าว สารเคมี เป็นต้น

Clark (1970, p. 11-13) ได้กล่าวถึงการคิดวิเคราะห์ คือการแยกส่วนต่างๆ และการสร้างความสัมพันธ์กับส่วนนั้นๆ ว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร ขอบเขตของการคิดวิเคราะห์สามารถแบ่งได้ 3 ส่วน คือ

1) การคิดวิเคราะห์เนื้อหา ได้แก่ ความสามารถในการสรุป และการแยกแยะข้อมูล

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ได้แก่ ความสามารถในการตรวจสอบความสอดคล้องของข้อมูล

3) การคิดวิเคราะห์หลักการ ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ได้ว่าผู้เขียนต้องการสื่อสารถึงสิ่งใด

วีระ สุดสังข์ (2550, น. 30) ได้กล่าวถึงขอบเขตของการคิดวิเคราะห์ไว้ 3 ส่วนดังนี้

1) การวิเคราะห์ส่วนประกอบ เป็นความสามารถในการหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งของหรือเรื่องราวต่างๆ ว่ามีสาระสำคัญ ปัจจัยอะไรบ้าง มีเหตุผลอย่างไร เช่น การวิเคราะห์ข่าว บทความ เรื่องสั้น สารคดี เป็นต้น เช่น ตัวอย่างคำถาม อะไรเป็นสาเหตุสำคัญของความจนยาก สาระสำคัญของบทความนี้คืออะไร

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่างๆ โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผลหรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง ตัวอย่าง คำถาม เช่น ครอบครัวมีปัญหาส่งผลต่อประเทศชาติอย่างไรพืชและสัตว์มีความสัมพันธ์กันในด้านใด เป็นต้น

3) การวิเคราะห์หลักการ ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้นๆ สัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด เช่น การให้ผู้เรียนค้นหาหลักการของเรื่อง การระบุจุดประสงค์ของผู้เรียน ประเด็นสำคัญของเรื่อง เช่น หลักการสำคัญของการอ่านคืออะไร แก่นสำคัญของเรื่องสั้นนี้คืออะไร เป็นต้น

จากที่นักการศึกษาได้กล่าวมาข้างต้นสรุปได้ว่า ขอบเขตและประเภทของการคิดวิเคราะห์มีลักษณะสำคัญ 3 ด้าน คือ การคิดวิเคราะห์ด้านความสำคัญ การคิดวิเคราะห์ด้านความสัมพันธ์ และการคิดวิเคราะห์ด้านหลักการ โดยการคิดวิเคราะห์ความสำคัญครอบคลุมไปด้วยการวิเคราะห์ชนิด สิ่งสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ครอบคลุมชนิด ขนาด ขั้นตอนวัตถุประสงค์และวิธีการของความสัมพันธ์ สาเหตุและผล และการคิดวิเคราะห์หลักการครอบคลุมโครงสร้าง การค้นหาความจริง

4.3 การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน

การจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียนเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ของผู้เรียน ไว้ดังนี้

Thomas & Field (1977, p. 33-36) ได้เสนอ 7 วิธี ในการเรียนการสอนซึ่งสนับสนุนการคิด ที่ส่งเสริมให้เกิดความรู้อย่างแท้จริงไม่คิดแบบเดิม ๆ คือ

1) การคิดแบบสมมติฐาน (Hypothetical thinking) การคิดแบบนี้ช่วยสร้างข้อมูลใหม่ๆ ที่กระตุ้นประสาท ทำให้เกิดการคิดในอีกรูปแบบที่ไม่มีมาตรฐานและการคาดหวังมาก่อน เช่น ถ้าทุกคนทำสิ่งที่ตนเองต้องการได้ทั้งหมดอะไรจะเกิดขึ้น การถามคำถามอาจดูไม่สำคัญ แต่การคิดค้นคำตอบ หาเหตุผล และความต่อเนื่องมีความหมายมากกว่า

2) การคิดกลับทิศทาง (Reversal) การจับภาพเอาหัวลง แล้วมองภาพว่าเหมือนอะไรหรือการคิดจากผลย้อนไปหาสาเหตุวิธีนี้ช่วยให้มองเห็นสิ่งที่เราไม่เห็นในตอนแรก

3) ฝึกการใช้แบบสัญลักษณ์ใหม่ (Application of different symbol) บ่อยครั้งที่ความคิดของเราถูกจำกัดด้วยกฎและระบบที่คุ้นเคย การฝึกการคิดแบบนี้ได้แก่การให้ผู้เรียนอธิบายของเก่าในรูปแบบใหม่

4) อุปมาอุปมัย (Analogy) เป็นการฝึกผู้เรียนให้เปรียบเทียบเหตุการณ์หนึ่งกับอีกเหตุการณ์หนึ่ง เช่น การปฏิเสธคล้ายกับการเตือนอย่างไร

5) การคิดวิเคราะห์แนวความคิด (Analyzing point of view) คือการคิดว่าทำไมคนนั้นจึงคิดแบบนี้ ผู้สอนสามารถสนับสนุนผู้เรียนมองหารายละเอียดและหลักฐานให้พอเพียง เช่น ใครได้รับประโยชน์จากโครงการโรงเรียนสีขาว

6) การเติมให้สมบูรณ์ (Completion) เมื่อเราเห็นอะไรที่ไม่จบหรือสมบูรณ์ เราก็อยากทำให้จบ การใช้ความรู้สึกนี้สามารถกระตุ้นความคิดของผู้เรียนได้เช่นกัน เช่น แสดงวิธีการทำเลข แต่เว้นไว้ 2 ขั้น เพื่อให้เด็กเติมเอง

7) วิเคราะห์ความเกี่ยวโยง (Web analysis) ในเหตุการณ์และปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น มักมีความเชื่อมโยงซับซ้อน แต่สมองคนเรามักสรุปในรูปที่เกี่ยวโยงง่าย ๆ ดังนั้น การวิเคราะห์ ความซับซ้อนจะช่วยส่งเสริมการขยายประสาทได้มากขึ้น ตัวอย่างคำถาม เช่น อะไรเกิดขึ้นถ้าคนไทยติดยาเสพทั้งประเทศ

Susan (1992, website) ได้เสนอการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

1) ตั้งคำถามว่าอะไร ทำไม อย่างไรในสิ่งต่าง ๆ และการถามอะไร ทำไม อย่างไรในสิ่งอื่น ๆ

2) แสวงหาทางเลือก

3) การเปิดใจ

4) เปรียบเทียบความแตกต่าง

5) เสาะหากรอบ หลักการพื้นฐานอย่างมีเหตุผล

6) มองจากหลาย ๆ มุมมอง

7) การถาม ถ้า.....

8) ถามความคิดและมุมมองของผู้อื่น

9) การใช้รูปแบบเมื่อปรับที่กำหนดในสถานการณ์

10) พิจารณาอย่างเป็นลำดับ

11) ตั้งสมมุติฐาน

12) สังเคราะห์และทดสอบ

13) เสาะแสวงหา ระบุ และแก้ปัญหา

สุวิทย์ มูลคำ (2550, น. 15) เสนอว่า ในการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์นั้นต้องเริ่มสอนจากทักษะย่อยพื้นฐานขั้นต้นที่ง่ายไปสู่ทักษะพื้นฐานขั้นสูงที่มีความยาก ซับซ้อน แนวทางการสอนที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ มีดังนี้

1) รวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาจัดระบบหรือเรียบเรียงให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจ

2) การกำหนดมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์ โดยอาศัยองค์ประกอบอย่างใดอย่างหนึ่งหรือทั้งสองอย่าง ได้แก่ ความรู้หรือประสบการณ์เดิม และการค้นพบลักษณะหรือคุณสมบัติร่วมของกลุ่มข้อมูลบางกลุ่ม

3) การกำหนดหมวดหมู่ในมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์

4) การแจกแจงข้อมูลที่มีอยู่ลงในแต่ละหมวดหมู่ โดยคำนึงถึงความเป็นตัวอย่าง เหตุการณ์การเป็นสมาชิก หรือความสัมพันธ์เกี่ยวข้องโดยตรง

5) การนำข้อมูลที่แจกแจงเสร็จแล้วในแต่ละหมวดหมู่มาจัดลำดับ หรือจัดระบบให้ง่ายแก่การทำความเข้าใจน้อย ความสอดคล้อง ความขัดแย้ง ผลทางบวก ผลทางลบ ความเป็นเหตุ เป็นผล ลำดับความต่อเนื่อง

กษมา วรวรรณ ณ อยุธยา (2550, ออนไลน์) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับการส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ผลงานของนักเรียน ดังนี้

1) การพัฒนาต้องเริ่มที่การประเมินผลงานนักเรียน

2) จัดการพัฒนาทั้งระบบของโรงเรียน

3) เปลี่ยนครูเป็นนักเรียน เปลี่ยนนักเรียนเป็นนักอ่าน เปลี่ยนจากโจทย์ให้มีคำตอบหลายคำตอบ และใช้คำถามปลายเปิด เปลี่ยนจากครูตั้งคำถามเป็นฝึกให้นักเรียนสงสัย มีคำถาม

4) ทักษะที่ต้องฝึก คือ การสังเกต การฟัง การสรุป และการเชื่อมโยง

5) โครงงาน และการกำหนดปัญหาช่วยให้นักเรียนคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหา

อาร์ม โพธิ์พัฒน์ (2550, น. 16) ได้กล่าวว่า วิธีการคิดวิเคราะห์สามารถสอนได้ เพราะเป็นเรื่องความรู้ ความเข้าใจและทักษะที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมทางสมองตามทฤษฎีของ Bloom ว่าด้วยการอธิบายขั้นตอนและการเริ่มจากความรู้ความเข้าใจการนำไปใช้ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายของการสอนให้เกิดพุทธิพิสัยระดับต่ำ ส่วนที่อยู่ในระดับสูง คือ การวิเคราะห์การสังเคราะห์และการประเมินผลในส่วนของการวิเคราะห์ยังได้แยกแยะพฤติกรรมการเรียนรู้ คือ ความสามารถที่จะนำความคิดต่างๆ มารวมกันเพื่อเกิดมโนทัศน์ใหม่ ๆ เพื่อให้เข้าใจสถานการณ์ต่าง ๆ

วีระ สุดสังข์ (2550, น. 26-28) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีการคิดสามารถฝึกสมองให้มีทักษะการคิดวิเคราะห์ให้พัฒนาขึ้นสามารถฝึกตามขั้นตอนได้ดังนี้

1) กำหนดสิ่งที่ต้องการวิเคราะห์เป็นการกำหนดวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่างๆ ขึ้นมาเพื่อเป็นต้นเรื่องที่จะใช้วิเคราะห์

2) กำหนดปัญหาหรือวัตถุประสงค์เป็นการกำหนดประเด็นสงสัยจากปัญหาหรือสิ่งที่วิเคราะห์อาจจะกำหนดเป็นคำถามหรือกำหนดวัตถุประสงค์การวิเคราะห์ เพื่อค้นหาความจริง สาเหตุหรือความสำคัญ

3) กำหนดหลักการหรือกฎเกณฑ์ เพื่อใช้แยกส่วนประกอบของสิ่งที่กำหนดให้ เช่น เกณฑ์ในการจำแนกสิ่งที่มีความเหมือนกันหรือแตกต่างกัน

4) กำหนดการพิจารณาแยกแยะ เป็นการกำหนดการพินิจพิเคราะห์ แยกแยะและกระจายสิ่งที่กำหนดให้ออกเป็นส่วนย่อยๆ โดยอาจใช้เทคนิคคำถาม 5 W 1 H ประกอบด้วย What (อะไร) Where (ที่ไหน) When (เมื่อไร) Why (ทำไม) Who (ใคร) และ How (อย่างไร)

5) สรุปคำตอบเป็นการรวบรวมประเด็นที่สำคัญเพื่อหาข้อสรุปเป็นคำตอบหรือตอบปัญหาของสิ่งที่กำหนดให้

สรุปได้ว่า การส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ทำได้การส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติงานจริงจากประสบการณ์ตรง และครูควรใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายสงสัยใฝ่รู้ แสดงข้อคิดเห็น แลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน และสามารถตัดสินใจแก้ปัญหา ผู้เรียนสามารถคิดวิเคราะห์สร้างสรรค์ผลงานตามความสนใจ และพัฒนาทักษะการคิดระดับสูงขึ้น ได้เพื่อนำไปสู่การสรุปตัดสินใจแก้ปัญหาด้วยทางเลือกที่เหมาะสม

4.4 การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหัวข้อ การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ไว้ดังนี้

Bloom (1956, p. 201-207) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์นั้นจะต้องพิจารณาให้ครบทั้ง 3 ด้าน ซึ่งประกอบด้วย

1) การวิเคราะห์ความสำคัญ โดยการให้ค้นหาข้อมูลเหตุ ผลลัพธ์และความสำคัญของเรื่องราวนั้นๆ โดยใช้ทักษะวิเคราะห์ว่าตอนใดเป็นจริงหรือเป็นสมมติฐาน ส่วนใดเป็นข้อสรุปหรืออ้างอิง มีวัตถุประสงค์หรือความมุ่งหมายสำคัญใด วิเคราะห์ข้อสรุปนั้นมีอะไรสนับสนุนหรือวิเคราะห์หาข้อผิดพลาด

2) การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นการถามให้ค้นคว้าว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวนั้นสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันอย่างไร ใช้หลักการหรือทฤษฎีใดเป็นหลัก โดยพิจารณาว่า อะไรเป็นสาเหตุอะไรเป็นผลของการกระทำนั้น มีข้อสนับสนุนหรือคัดค้านใด ข้อสรุปที่มีเหตุและผลอย่างไร ส่วนใดที่มีความสัมพันธ์กันมากน้อย ถ้าเกิดสิ่งนั้นสิ่งใดจะเกิดตามมายกเรื่องราวข้อเท็จจริงมาวิเคราะห์ว่าสอดคล้องหรือขัดแย้งกัน

3) การคิดวิเคราะห์หลักการ เป็นการถามให้ค้นว่าเรื่องราวนั้น ๆ อาศัยหลักการใดมีโครงสร้าง องค์ประกอบ ใจความสำคัญอย่างไร

Watson & Glaser (1964, p. 11) อธิบายว่าการวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์นั้นเป็นการวัดความสามารถในการวิเคราะห์วิจารณ์ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาเป็นเหตุผลในการพิจารณาตัดสินเรื่องราว เหตุการณ์ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยมีความเกี่ยวข้องเป็นเหตุและเป็นผลในเหตุการณ์หรือสถานการณ์นั้น ๆ การคิดวิเคราะห์จะต้องมีการหาเหตุผลเพื่อนำมาพิจารณาเสมอ

ทิศนา แขมมณี และคณะ (2549, น. 48) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์นั้นจะต้องทำการวัดให้ครบทั้ง 3 ด้าน ดังนี้

1) การวิเคราะห์หลักการ ในการกำหนดเกณฑ์ในการจำแนกข้อมูล

2) การวิเคราะห์เนื้อหา ในการแยกข้อมูลเนื้อเรื่องได้ตามเกณฑ์

3) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของข้อมูลในแต่ละองค์ประกอบ

Marzano (2001, p. 71-83) กล่าวว่า การวัดความสามารถทางการคิดวิเคราะห์ประกอบด้วยทักษะการคิดวิเคราะห์ 5 ด้าน ดังนี้

1) ด้านการจับคู่ (Matching) หมายถึง ความสามารถในการระบุความเหมือนและความแตกต่าง ระหว่างส่วนประกอบของแนวคิด ออกเป็นส่วนๆ อย่างมีหลักเกณฑ์

2) ด้านการจัดหมวดหมู่ (Classification) หมายถึง ความสามารถในการประมวลความรู้และแนวคิด เพื่อจัดเรียงลำดับให้เป็นหมวดหมู่ หรือสามารถจัดกลุ่มและประเภทต่างๆ ให้มีความคล้ายคลึง

3) ด้านการวิเคราะห์ข้อผิดพลาด (Error Analysis) หมายถึง ความสามารถในการระบุข้อบกพร่องจากสถานการณ์ หรือพฤติกรรมต่าง ๆ

4) ด้านการสรุปเป็นหลักเกณฑ์ทั่วไป (Generalizing) หมายถึง ความสามารถในการสรุปข้อมูลแนวคิดต่างๆ โดยการใช้เหตุผลและการอ้างอิงถึง เพื่อนำมากำหนดเป็นกฎเกณฑ์ หรือความสามารถในการสร้างหลักการให้มีความสอดคล้องกับข้อมูลที่กำหนด

5) ด้านการสรุปเป็นหลักเกณฑ์เฉพาะ (Specifying) หมายถึง ความสามารถในการสรุปหลักการทั่วไปที่มีอยู่แล้วเป็นหลักการใหม่ ๆ ที่เฉพาะเจาะจง

อชิรกาญณ์ ดอกไม้ (2557, น. 76) กล่าวว่า การวัดความสามารถทักษะการคิดวิเคราะห์ทำได้ด้วยการใช้แบบสอบมาตรฐานวัดผลสัมฤทธิ์บุคลิกภาพ ความถนัด และความสามารถในด้านต่าง ๆ หรือใช้การสังเกตภาระงานที่ปฏิบัติจากการเขียนเรียงความ การแก้ปัญหาในสถานการณ์เหมือนจริงและการรวบรวมในแฟ้มสะสมงาน อีกทั้งมีขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรมการระบุปัญหา การตั้งสมมติฐานการตรวจสอบสมมติฐาน การสรุปอ้างอิงโดยใช้ตรรกศาสตร์และการประเมินสรุปอ้างอิง ซึ่งจะบ่งชี้ถึงความสามารถด้านทักษะการคิดวิเคราะห์

สมนึก ภัททิยธนี (2558, น. 144-147) สรุปว่าการวิเคราะห์เป็นการใช้วิจารณญาณเพื่อไตร่ตรอง การแยกแยะพิจารณาดูรายละเอียดของสิ่งต่างๆ หรือเรื่องต่างๆ ว่ามีชิ้นใดสำคัญที่สุด ชิ้นส่วนสัมพันธ์กันมากที่สุด และชิ้นส่วนเหล่านั้นอยู่รวมกันได้ หรือทำงานได้ เพราะอาศัยหลักการใด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้านคือ

1) การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การพิจารณาหรือจำแนกว่า ชิ้นใด ส่วนใด เรื่องใด เหตุการณ์ใด ตอนใดสำคัญที่สุด หรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญ สิ่งที่ซ่อนเร้น

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะสำคัญของเรื่องราวหรือสิ่งต่างๆ ว่าสองชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กัน รวมถึงข้อสอบอุปมาอุปมัย

3) การวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การให้พิจารณาดูชิ้นส่วน หรือส่วนปลีกย่อยต่างๆ ว่าทำงานหรือเกาะยึดกันได้ หรือคงสภาพเช่นนั้นได้เพราะใช้หลักการใดเป็นแกนกลางจึงถามโครงสร้างหรือหลักหรือวิธีการที่ยึดถือ

โชติกา ภายิผล (2559, น. 64-65) เสนอว่าการวัดความสามารถในการวิเคราะห์เป็นการใช้วิจารณญาณเพื่อไตร่ตรอง การแยกแยะพิจารณาดูรายละเอียดของสิ่งต่างๆ หรือเรื่องต่างๆ

ว่ามีชิ้นส่วนใดสำคัญที่สุด ของชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กันมากที่สุด และชิ้นส่วนเหล่านั้นอยู่รวมกันได้หรือทำงานได้เพราะอาศัยหลักการใด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

1) ความสามารถในการวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การพิจารณาหรือจำแนกว่าชิ้นใด ส่วนใดเรื่องใด เหตุการณ์ใด ตอนใด สำคัญที่สุด หรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญ สิ่งที่ซ้อนเร้น

2) ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะ สำคัญของเรื่องราวหรือสิ่งต่าง ๆ ว่าส่วนใดสัมพันธ์กัน รวมถึงข้อสอบอุปมาอุปมัย

3) ความสามารถในการวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การให้พิจารณาดูชิ้นส่วนหรือส่วนปลีกย่อยต่างๆ ว่าทำงานหรือเกาะยึดกันได้ หรือคงสภาพเช่นนั้น ได้เพราะใช้หลักการใดเป็นแกนกลางจึงถาม โครงสร้างหรือหลัก หรือวิธีการที่ยึดถือ

จากที่กล่าวมาข้างต้นจึงสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถทางสมองหรือสติปัญญาที่สลับซับซ้อนของบุคคลในการจำแนกแยกแยะองค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง อาจเป็นวัตถุเรื่องราว เหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น โดยการคิดอย่างละเอียด มีเหตุมีผลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ต่างๆ เพื่อค้นหาสภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนด โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำการคิดวิเคราะห์ตามแนวคิดของบลูมมาใช้ในการวัด ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์แบบเลือกตอบ ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และข้อคำถามการวิเคราะห์จะแบ่งเป็นการวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และการวิเคราะห์หลักการ ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การพิจารณาหรือจำแนกว่าชิ้นใด ส่วนใดเรื่องใด เหตุการณ์ใด ตอนใดสำคัญที่สุดหรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญสิ่งที่ซ่อนเร้นอยู่

2) การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะสำคัญของเรื่องราวหรือสิ่งต่างๆ ว่าสองชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กัน

3) การวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การให้พิจารณาดูชิ้นส่วนหรือส่วนปลีกย่อยต่างๆ ว่าทำงานหรือเกาะยึดกันได้ หรือคงสภาพเช่นนั้นได้เพราะใช้หลักการใดเป็นแกนกลาง จึงถามโครงสร้างหรือหลักหรือวิธีการที่ยึด

4.5 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงหลักการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ไว้ดังนี้

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2557, น. 46-49) ได้กล่าวถึงหลักการขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า ผู้สร้างเครื่องมือจะต้องมีความรอบรู้ในแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับ “การคิด” เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิด จะทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรม จากนั้นจึงเขียนข้อความตามตัวชี้วัดหรือลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้นๆ

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ (2549, น. 31) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบไว้ดังนี้

1) กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ ว่าต้องการใช้วัดความสามารถทางการคิดทั่วๆไปหรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะรายวิชา

2) กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการวิเคราะห์โดยศึกษาเอกสารแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิดตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ

3) สร้างผังข้อสอบ (table of specification) เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบ ให้ครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบ และกำหนดสัดส่วนน้ำหนักความสำคัญมากน้อย ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างผังข้อสอบสำหรับแนวการวัดความความสามารถในการคิดวิเคราะห์

องค์ประกอบที่ต้องการวัด	น้ำหนัก %	จำนวนข้อสอบ
1. จำแนก จัดหมวดหมู่ จัดลำดับความสำคัญและเปรียบเทียบข้อมูลในบริบทต่างๆ	40	16
2. เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของข้อมูลในบริบทต่างๆ	30	12
3. ระหลักการสำคัญหรือแนวคิดในเนื้อหาความรู้ข้อมูลที่พบเห็นในบริบทต่างๆ	30	12
รวม	**100**	**40**

ที่มา: ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์.(2557). การประเมินการคิดวิเคราะห์ในการคิดวิเคราะห์: สอนและสร้างได้อย่างไร. วิทยาลัยครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.หน้า 47

4) เขียนข้อสอบกำหนดรูปแบบการเขียนข้อสอบ ตัวคำถามตัวคำตอบและวิธีการตรวจให้คะแนนจากนั้น ลงมือร่างข้อสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้โดยผู้วิจัยเองและผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างแบบทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

5) นำแบบทดสอบไปทดลองวิเคราะห์คุณภาพ วิเคราะห์ข้อทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อทดสอบเป็นรายข้อด้านความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้และปรับปรุงข้อสอบที่ไม่เหมาสม

6) นำแบบทดสอบไปใช้จริง

จากการศึกษาการประเมินผลการคิดวิเคราะห์ โดยใช้เครื่องมือหรือแบบทดสอบประเมินการคิดวิเคราะห์ ต้องมีหลักการและขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบโดยใช้กรอบหรือโครงสร้างของการคิดซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้างหรือองค์ประกอบทางการคิด จากนั้นจึงเขียนข้อความตามตัวชี้วัดหรือลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบทางการคิด จากนั้นจึงเขียนข้อความตามตัวชี้วัดหรือลักษณะเฉพาะของพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้นๆ การพัฒนาแบบทดสอบความสามารถทางการคิดมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญ 6 ขั้นตอน กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบใช้วัดความสามารถทางการคิด กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดวิเคราะห์ สร้างผังข้อสอบ เขียนข้อสอบ โดยเขียนคำถาม ใช้ขอบเขตของการคิดวิเคราะห์ของบลูมที่กำหนดไว้ 3 ประเภท คือ การวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ มีการตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้โดยผู้เขียนข้อสอบเองและผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างแบบทดสอบ เพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงตามเนื้อหา นำแบบทดสอบไปทดลองวิเคราะห์คุณภาพ วิเคราะห์ข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อในด้านความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้และปรับปรุงข้อทดสอบที่ไม่เหมาะสม นำแบบทดสอบไปใช้จริง

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

จิรศักดิ์ ศรีสมศักดิ์ (2556) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลการใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ในวิชาเคมี เรื่องธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 25 โดยมี

วัตถุประสงค์ ดังนี้ (1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 25 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ (2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์เรื่อง ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรมของนักเรียนดังกล่าวระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ และ (3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนดังกล่าวต่อการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 25 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ความสามารถรถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนเรื่อง ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรมของนักเรียนดังกล่าวสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความพึงพอใจของนักเรียนดังกล่าว ต่อการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

อาริสา สุปน (2557) ได้ทำวิจัย เรื่อง ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนูปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้องสอนศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า (1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอูปกรณ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.61/79.39 (2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E สูงกว่าของนักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E สูงกว่าของนักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ดับ .05

นิรมล รอดไพ (2558) ได้ทำวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมีและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาเคมี มีค่าความเชื่อมั่น 0.9589 ค่าความยากง่าย (p) 0.27-0.67 ค่าอำนาจจำแนก (r) 0.43-1.00 และแบบทดสอบในการวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น 0.9589 และผลการวิจัยพบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทาง

สถิติที่ระดับ .01 (2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

วริศรา กัณหาสร้อย (2559) ได้ทำวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มโรงเรียนนางิ้วโนนสมบูรณ์ จังหวัดขอนแก่น พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) สูงกว่าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) สูงกว่าของความสามารถดังกล่าวหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จรรยา วรรัตน์ (2559) ได้ทำวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้เว็บเควสท์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่รับการจัดการเรียนการรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้เว็บเควสท์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 83.82 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .05 และ (2) ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้เว็บเควสท์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน สูงกว่าความสามารถดังกล่าวก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จรุณี สีทาดี (2559) ได้ทำวิจัย เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD วิชาเคมี เรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ จังหวัดอุดรธานี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ จังหวัดอุดรธานี ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD กับนักเรียนที่เรียนแบบปกติ และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ จังหวัดอุดรธานี ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD กับของนักเรียนที่เรียนแบบปกติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าของนักเรียนกลุ่มควบคุม

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าของนักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิเชียร โตแย้ม (2560) ได้ทำวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สูงกว่าแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พนิน ศรีนวลแก้ว (2560) ได้ทำวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เจนจิรา สีนวล (2560) ได้ทำวิจัย เรื่อง ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการทำงานกลุ่ม และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเกมกลุ่มแข่งขัน (TGT) และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการทำงานกลุ่ม และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเกมกลุ่มแข่งขัน (TGT) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการทำงานกลุ่ม และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Odom and Kelly (2001, p. 615-635) ได้ทำการวิจัย เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ประกอบการใช้แผนผังมโนทัศน์ในวิชาชีววิทยา เรื่อง การแพร่และออสโมซิส ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 10-11 โรงเรียนเตรียมชีววิทยา Kansas City ประเทศสหรัฐอเมริกา จำนวน 108 คน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ประกอบการใช้แผนผังมโนทัศน์และนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติประกอบการใช้แผนผังมโนมติมีความเข้าใจในมโนทัศน์ เรื่อง การแพร่และการออสโมซิส แตกต่างจากนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ .01 ตามลำดับ แต่ไม่พบความแตกต่างในกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ที่ไม่ใช้แผนผังมโนทัศน์

Kanli (2008) ได้ทำการศึกษาผลการปฏิบัติการทดลองเกี่ยวกับการพัฒนาแนวคิดของนักศึกษา ในเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้ เพื่อเปรียบเทียบผลจากห้องปฏิบัติการตามแบบวงจรการเรียนรู้ 7E เกี่ยวกับการพัฒนานักศึกษาในมหาวิทยาลัย เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษามหาวิทยาลัยที่กำลังปฏิบัติการฟิสิกส์ทั่วไป หลักสูตร I ที่มหาวิทยาลัยใน ประเทศตุรกี จำนวน 81 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่า มีความแตกต่างกันระหว่างผลของวิธีการสอนแบบปฏิบัติการแบบดั้งเดิมและวิธีการสอนแบบปฏิบัติการตามรูปแบบ 7E โดยวงจรการเรียนรู้เกี่ยวกับการพัฒนาของนักศึกษาในเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าวิธีสอนแบบปฏิบัติการตามโปรแกรมการเรียนรู้แบบ 7E มีประสิทธิภาพมากกว่าการใช้งานวิธีการแบบดั้งเดิม ซึ่งนำไปสู่การพัฒนาของนักศึกษาในด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

Somers (2005) ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 ในรายวิชาสิ่งแวดล้อม เรื่อง พืชชายฝั่ง” มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้ของการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 ในรายวิชาสิ่งแวดล้อม เรื่อง พืชชายฝั่งของรัฐหลุยเซียน่า ประชากรนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนเอกชนรัฐหลุยเซียน่า ประเทศสหรัฐอเมริกา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 จำนวน 115 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาสิ่งแวดล้อม

ผลการวิจัย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Simge and Yasemin (2011, p. 417-422) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 72 คน ในโรงเรียนรัฐบาลในเมืองอายดิน (Aydin) ประเทศตุรกี แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 38 คน กลุ่มควบคุม จำนวน 34 คน แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Kunduz (2013, p.748-792) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual lab) ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ 7E เรื่องการไทเทรตโดยปฏิกิริยาการตกตะกอน ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 89 คน ที่เรียนโรงเรียนมัธยมอังการา เอ็ม รัสตุ อุเซล (Ankara M. RÜştÜ Uzel) ประเทศตุรกี โดยการวิจัยกึ่งทดลอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือ การจัดการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมห้องทดลองปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual lab) ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ 7E ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยเชิงทดลองเพื่อศึกษาเกี่ยวกับคุณลักษณะของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เช่น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งผลการวิจัยส่วนใหญ่ให้ผลในเชิงบวกต่อนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะต่าง ๆ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ และสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ในการวิจัยในครั้งนี้ได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. ประชากรและกุล่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. วิธีการสร้างเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 70 คน จัดเป็น 2 ห้องเรียน แบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 33 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งเป็น 2 ชุดดังนี้

2.1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอนทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

2.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ และแบบเขียนตอบ จำนวน 12 ข้อ รวมทั้งหมด 40 ข้อ

2) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เรื่อง วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มี 1 ชุด คือแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

2.2 ขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอนการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

(1) ศึกษา วิเคราะห์ เนื้อหาสาระ มาตรฐาน ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เรื่อง สารละลาย ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อนำมาออกแบบและสร้างเป็นสถานการณ์ที่มีความสอดคล้องกับเนื้อหามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด

(2) จัดทำโครงสร้างบทเรียนเพื่อใช้สอนเนื้อหาเรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ใช้เวลาเรียนทั้งหมด 18 ชั่วโมง ตามโครงสร้างการสอนตามตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 โครงสร้างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	จำนวนชั่วโมง
1	ความเข้มข้นของสารละลาย	3
2	ความเข้มข้นของสารละลาย (ต่อ)	3
3	การเตรียมสารละลาย	6
4	สมบัติบางประการของสารละลาย	6
	รวม	**18**

(3) ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ซึ่งมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นค้นหาความรู้เดิมหรือความรู้พื้นฐาน (Elicit) ผู้สอนจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ ความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ใหม่ที่ต้องการสอน โดยใช้ชุดฝึกตอบคำถาม

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ผู้สอนจัดกิจกรรม หรือสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้ อยากเห็น กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม โดยใช้ชุดฝึกการเขียนแผนผัง

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ผู้สอนอำนวยความสะดวกให้คำแนะนำส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐาน และวางแผนการทดลอง สืบค้น และรวบรวมข้อมูลเพื่อสำรวจตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยใช้ชุดฝึกการลงมือปฏิบัติ

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนนำข้อมูลจากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์แนะนำวิธีการจัดกระทำข้อมูลในรูปของตาราง กราฟ และแผนภาพ ฯลฯ ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแนวโน้ม แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยใช้ชุดฝึกตอบคำถาม ชุดฝึกการคำนวณ และชุดฝึกการลงมือปฏิบัติ

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นและอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ เพิ่มเติมความสมบูรณ์ หรือขยายกรอบความคิดของความรู้ที่สร้างขึ้นโดยใช้ชุดฝึกการคำนวณ และชุดฝึกตอบคำถาม

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินจุดเด่น จุดด้อยในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของตนเองโดยใช้ชุดฝึกตอบคำถาม และชุดฝึกการคำนวณ

ขั้นที่ 7 ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extension) ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยใช้ชุดฝึกการคำนวณ

(4) เสนอกรอบแนวคิดตามขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เหมาะสมและพิจารณาให้ข้อคิดเห็น ปรับปรุงตามคำแนะนำ ดังตาราง ที่ 3.2-3.3

ตารางที่ 3.2 กรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)

ขั้นตอน	ความหมาย	บาทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ขั้นค้นหาความรู้เดิม (Elicit)	- เป็นการศึกษาความรู้เดิมของผู้เรียนในเรื่องหรือในแนวคิดที่กำลังจะเรียน เพื่อให้ผู้สอนรู้ถึงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนรวมไปถึงจุดเชื่อมต่อระหว่างประสบการณ์เดิมของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่กิจกรรมใหม่ หรือเป็นการต่อยอดจากสิ่งที่ผู้เรียนรู้มาก่อนแล้ว	- ผู้สอนจัดสถานการณ์ให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ ความเข้าใจความรู้เดิมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ใหม่ที่ต้องการสอน โดยใช้ชุดฝึกตอบคำถาม	- แสดงข้อมูลเกี่ยวกับความรู้เดิมของตัวเอง
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน เพื่อนำไปสู่การดำเนินกิจกรรมเพื่อสร้างแนวคิดใหม่ สามารถทำได้โดยใช้กิจกรรมสั้นๆ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัย อยากรู้อยากเห็นหรือเกิดคำถาม โดยกิจกรรมควรจะเชื่อมโยง	- ผู้สอนจัดกิจกรรมหรือสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้น ยั่วยุให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถาม โดยใช้ชุดฝึกการเขียนแผนผัง	- แสดงความสนใจในเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น - ถามคำถามตามประเด็นที่สงสัย/สนใจ - นำเสนอประเด็นหรือสถานการณ์ที่สนใจ

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอน	ความหมาย	บาทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	ประสบการณ์เดิมของผู้เรียน กับกิจกรรมการเรียนรู้ที่กำลังจะปฏิบัติ		
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- ขั้นนี้เป็นหัวใจของการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ และเป็นขั้นที่ผู้สอนต้องอาศัยความรู้ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์และวิธีสอนในการกำหนดกิจกรรมสำหรับผู้เรียนซึ่งกิจกรรมในขั้นนี้จะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับธรรมชาติของเนื้อหา เช่น เนื้อหาที่เป็นนามธรรม อาจจะต้องใช้การสำรวจและค้นหาผ่านกิจกรรมสร้างแบบจำลอง หรือเนื้อหาที่ศึกษาปัจจัยหรือตัวแปร อาจจะต้องใช้กิจกรรมการทดลอง	- ผู้สอนอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำ ส่งเสริมให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐาน และวางแผนการทดลองสืบค้น และรวบรวมข้อมูล เพื่อสำรวจตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยใช้ชุดฝึกการลงมือปฏิบัติ	- วางแผนหรือแสดงการสำรวจตรวจสอบด้วยวิธีการต่างๆ
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- ขั้นนี้เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้สะท้อนความเข้าใจโดยการอธิบายเกี่ยวกับผลที่ได้จากกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา โดยผู้สอนต้องเชื่อมโยงไปยังคำถามที่เกิดขึ้นในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ต้องใช้คำถามกระตุ้นเพื่อให้ผู้เรียนได้นำเสนอแนวคิด รวมทั้งเปรียบเทียบกับแนวคิดที่	- ผู้สอนส่งเสริมให้ผู้เรียนนำข้อมูลจากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์แนะนำวิธีการจัดกระทำข้อมูลในรูปของตาราง กราฟ และแผนภาพ ฯลฯ ใช้คำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงแนวโน้ม แสดงความสัมพันธ์	- อธิบายการแก้ปัญหาหรือผลการสำรวจตรวจสอบที่ได้ให้สอดคล้องกับข้อมูล - อธิบายและเชื่อมโยงสัมพันธ์และมีเหตุผลหลักการ หรือหลักฐานประกอบ

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอน	ความหมาย	บาทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	คลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่ได้ในขั้นค้นหาความรู้เดิม เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือพัฒนาเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ การอภิปรายหรือนำเสนอสาระสำคัญของแผนการเรียนจะปรากฏในขั้นนี้	ของข้อมูล โดยใช้ชุดฝึกตอบคำถาม ชุดฝึกการคำนวณ และชุดฝึกการลงมือปฏิบัติ	- ให้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก การสังเกต ประกอบคำอธิบาย - รับฟังคำอธิบายของผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ - คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ในประเด็นที่เพื่อนนำเสนอ - ถามคำถามอย่างสร้างสรรค์เกี่ยวกับสิ่งที่ผู้อื่นได้อธิบาย
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- เป็นขั้นที่ผู้สอนจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำความเข้าใจแนวคิดและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม โดยสามารถลงรายละเอียดในแนวคิดนั้นๆ หรือขยายแนวคิดออกไปเพื่อให้เห็นภาพรวมของสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องก็ได้	- ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นและอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบ เพิ่มเติมความสมบูรณ์ หรือขยายกรอบความคิดของความรู้ที่สร้างขึ้น โดยใช้ชุดฝึกการคำนวณ และชุดฝึกตอบคำถาม	- เพิ่มเติมความรู้ใหม่จากความรู้เดิมให้มากขึ้น

ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

ขั้นตอน	ความหมาย	บาทบาทครู	บทบาทนักเรียน
6. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	- เป็นขั้นที่สามารถทำได้ทุกๆ ขั้นของ 5E และ 7E โดยการประเมินจะทำให้ผู้เรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเองอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ประเมินพัฒนาการของผู้เรียนว่าเป็นไปตามจุดประสงค์ของบทเรียนหรือไม่	- ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ประเมินจุดเด่น จุดด้อยในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ของตนเองโดยใช้ชุดฝึกตอบคำถาม และชุดฝึกการคำนวณ	- ตอบคำถามโดยอาศัยประจักษ์พยานหลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับได้ - แสดงความรู้ความเข้าใจของตนเอง จากกิจกรรม สำรวจตรวจสอบ - เสนอแนะข้อคำถามหรือประเด็นที่เกี่ยวข้อง เพื่อส่งเสริมให้มีการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการสำรวจตรวจสอบต่อไป - ประเมินกระบวนการและองค์ความรู้ของตนเอง
7. ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extension)	- ขั้นนี้จะแตกต่างกับขั้นขยายความรู้ คือ เป็นการให้โอกาสผู้เรียนได้ใช้ความรู้ที่ได้กับสถานการณ์ใหม่ เพื่อให้การเรียนรู้นั้นมีความหมายมากยิ่งขึ้นรวมทั้งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนฝึกใช้สิ่งที่ตนเองเรียนรู้มาอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ	- ผู้สอนจัดสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่โดยใช้ชุดฝึกการคำนวณ	- แสดงการนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆ

ตารางที่ 3.3 กรอบแนวคิดในใช้ชุดฝึกแต่ละชนิดในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย

ขั้นตอน	แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)			
	แผนที่ 1	**แผนที่ 2**	**แผนที่ 3**	**แผนที่ 4**
1. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit)	-	-	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.12 เรื่อง การเตรียมสารละลายในชีวิตประจำวัน	-
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage)	-	-	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.13 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	-
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore)	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง กิจกรรมตารางจำนวนร้อยส่วน	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.6 เรื่อง ลูกบาศก์สัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส	- ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ 2.14 เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น	- วีดิทัศน์วิธีการทดลองหาจุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย (สแกน QR code ด้วยแอปพลิเคชัน Line)

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ขั้นตอน	แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)			
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4
				- ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ 2.19 เรื่อง จุดเดือดของสารบริสุทธิ์และสารละลาย - ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.20 เรื่อง จุดเดือดของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกัน - ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ 2.21 เรื่อง จุดเยือกแข็งหรือจุดหลอมเหลวของสารบริสุทธิ์และสารละลาย - ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.22 เรื่อง จุดเยือกแข็งของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกันแต่มีความเข้มข้นต่างกัน

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ขั้นตอน	แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)			
	แผนที่ 1	**แผนที่ 2**	**แผนที่ 3**	**แผนที่ 4**
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละหรือส่วนในร้อยส่วน	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.7 เรื่อง การคำนวณหาจำนวนโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.15 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ถูกต้อง	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.23 เรื่อง การคำนวณหาจุดเดือด จุดหลอมเหลวของสารละลาย
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate)	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.3 เรื่อง การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละหรือส่วนในร้อยส่วน	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.8 เรื่อง ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล - ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.9 เรื่อง การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.16 เรื่อง การคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.24 เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดและจุดเยือกแข็งกับความเข้มข้นของสารละลาย

ตารางที่ 3.3 (ต่อ)

ขั้นตอน	แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)			
	แผนที่ 1	**แผนที่ 2**	**แผนที่ 3**	**แผนที่ 4**
6. ขั้นประเมินผล (Evaluate)	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.4 เรื่อง ตรวจสอบคำตอบการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละหรือส่วนในร้อยส่วน จากคำถามที่ 1-5	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.10 เรื่อง ตรวจสอบคำตอบการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.17 เรื่อง ตรวจสอบคำตอบการคำนวณหาปริมาณของสารตามต้องการ	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.25 เรื่อง ตรวจสอบคำตอบความสัมพันธ์ระหว่างจุดเดือดและจุดเยือกแข็งกับความเข้มข้นของสารละลาย
7. ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extend)	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.5 เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายส่วนในล้านส่วน และส่วนในพันล้านส่วน	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.11 เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.18 เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.26 เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณหาจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

(5) จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ตามโครงสร้างการสอน จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์และข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะดังนี้

ก. เขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ชัดเจนตรงตามสาระการเรียนรู้

ข. ตรวจสอบกิจกรรมการเรียนการสอนให้ถูกต้องตามขั้นตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย

ค. กำหนดเกณฑ์การประเมินพฤติกรรมและผลงานให้ชัดเจน

(7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา

(8) หลังจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านได้ตรวจพิจารณาความสอดคล้องเหมาะสมของการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) แต่ละหัวข้อแล้ว นำแผนการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ซึ่งผลการประเมินปรากฏว่าได้ค่าระหว่าง 0.67-1.00 และทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

(9) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญให้เสร็จสมบูรณ์แล้วไปใช้ยังกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง ในปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 1 ต่อไป

2.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ และแบบเขียนตอบ จำนวน 12 ข้อ รวมทั้งหมด 40 ข้อ ข้อละ 0.5 คะแนน คะแนนเต็ม 20 คะแนน โดยการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้จะใช้ทดสอบกับนักเรียนหลังจากสินสุดกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ครบทั้ง 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อประเมินผลว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนจากการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย แล้วเป็นไปตามเกณฑ์ร้อยละ 75 ตามที่กำหนดไว้หรือไม่ มีขั้นตอนการดำเนินการสร้างดังต่อไปนี้

(1) ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากเอกสารที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบการวัดและการประเมินผลตลอดจนเทคนิคการตั้งข้อคำถาม

(2) ศึกษาหลักสูตร คู่มือครู เพื่อพิจารณามาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด

(3) สร้างผังข้อสอบ (test blueprint) ใช้ระดับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัดตามแนวคิดของบลูมและคณะที่ปรับปรุงใหม่ในปี 1990 เพื่อกำหนดลักษณะของข้อสอบและจำนวนข้อคำถาม ให้สอดคล้องกับเนื้อหาตัวชี้วัด โดยใช้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องจากนั้น ทำการกำหนดน้ำหนักของแบบทดสอบโดยคำนึงถึงจำนวนชั่วโมงที่กำหนดดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 ผังข้อสอบ (test blueprint) วิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม												รวม
				ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน		สร้างสรรค์		
				ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	
ผลการเรียนรู้ที่ 5 - คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ	1. ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละส่วนในล้านส่วน (ppm) และส่วนในพันล้านส่วน (ppb)	1. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายในภาพรวมได้	0.5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		2. จำแนกประเภทหน่วยความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาอัตราส่วนของตัวละลายในสารละลายได้	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		3. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละได้	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		4. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละได้	0.5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
			0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม												รวม
				ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน		สร้างสรรค์		
				ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	
		5. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายส่วนในล้านส่วนได้	0.5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
		6. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายส่วนในล้านส่วนได้	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		7. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายส่วนในพันล้านส่วนได้	0.5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
		8. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายส่วนในพันล้านส่วนได้	0.5	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1
ผลการเรียนรู้ที่ 5 - คำนวณความเข้มข้นของ	2. ความเข้มข้นของสารละลายใน	1. บอกความหมายของสารปริมาณ 1 โมลได้	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม												รวม
				ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน		สร้างสรรค์		
				ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	
สารละลายในหน่วยต่างๆ	หน่วยโมลาริตี (M) โมแลลิตี (m) และเศษส่วนโมล (X)	2. จำแนกประเภทหน่วยความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาจำนวนโมลของตัวละลายในสารละลายได้	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		3. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		4. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้	0.5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
		5. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		6. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้	0.5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม												รวม
				ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน		สร้างสรรค์		
				ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	
		7. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้	0.5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		8. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้	0.5	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2
ผลการเรียนรู้ที่ 6 - อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีและปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด	3. การเตรียมสารละลาย	1. ระบุข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือและการดำเนินการในขั้นตอนของการปฏิบัติการเตรียมสารละลาย	0.5	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
		2. บอกขั้นตอนการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้น	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม												รวม
				ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน		สร้างสรรค์		
				ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	
		ในหน่วยโมลารีตีตามที่กำหนดได้														
		3. คำนวณหาปริมาณสารในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากของแข็งบริสุทธิ์ได้	0.5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2
		4. ปฏิบัติการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากของแข็งบริสุทธิ์ได้	0.5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
		5. คำนวณหาปริมาณสารในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากสารละลายได้	0.5	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	2

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม												รวม
				ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน		สร้างสรรค์		
				ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	
		6. ปฏิบัติการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากสารละลายได้	0.5	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
ผลการเรียนรู้ที่ 7 - เปรียบเทียบจุดเดือดและเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมแลลิตีและปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด	4. สมบัติบางประการของสารละลาย	1. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ได้	0.5	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
		2. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ได้	0.5	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
		3. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารละลายที่มีตัวทำละลาย	0.5	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม												รวม
				ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน		สร้างสรรค์		
				ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	
		ชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกันได้														
		4. เปรียบเทียบจุดเยือกแข็งของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกันได้	0.5	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
		5. สรุปสมบัติบางประการของสารละลายได้	0.5	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		6. บอกความหมายของค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) ได้	0.5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
		7. บอกความหมายของค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) ได้	0.5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

มาตรฐาน/ตัวชี้วัด	หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	น้ำหนักคะแนน	จำนวนข้อสอบแต่ละระดับพฤติกรรม												รวม
				ความจำ		ความเข้าใจ		การนำไปใช้		การวิเคราะห์		การประเมิน		สร้างสรรค์		
				ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	ปรนัย	อัตนัย	
		8. คำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายได้	0.5	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
รวมข้อ			**20**	**11**	**-**	**9**	**-**	**8**	**-**	**-**	**12**	**-**	**-**	**-**	**-**	**40**

(4) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ให้สอดคล้องกับผังการสร้างแบบทดสอบ โดยแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 28 ข้อ และแบบเขียนตอบ จำนวน 12 ข้อ รวมทั้งหมด 40 ข้อ จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาข้อคำถามกับผังการสร้างข้อสอบ (test blueprint) ในด้านความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม และความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับระดับพฤติกรรม โดยใช้หลักเกณฑ์การใช้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง สอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกันระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

ให้คะแนน -1 หมายถึง ไม่สอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

(5) นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญในแต่ละข้อไปหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และสอดคล้องกับระดับพฤติกรรมโดยใช้ค่า IOC (IOC : Index of Item Objective Congruence) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 52-53) ผลปรากฏว่าได้ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกข้อ

(6) จากนั้นคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.67 ขึ้นไป นำมาปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะดังนี้

ก. ข้อสอบบางข้อใช้คำถามที่ไม่ชัดเจน

ข. ข้อสอบบางข้อใช้คำถามคล้ายกัน

(7) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย จำนวน 40 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 32 คน ซึ่งเคยเรียนเนื้อหา เรื่อง สารละลาย โดยใช้แผนปกติในการจัดการเรียนรู้มาก่อนแล้ว เพื่อหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 58-61)

(8) ทำการคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.22-0.78 ค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.22-0.89

(9) หาค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของครอนบาค (Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 70-72) ได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.842

(10) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่คัดเลือกและปรับปรุงแล้วจำนวน 40 ข้อ ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี

2) การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มี 1 ชุด คือแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร หลักสูตร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

(2) สร้างผังข้อสอบ (table test blueprint) เพื่อกำหนดเค้าโครงคุณลักษณะของแบบทดสอบ วัดความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้างว่าต้องการให้ครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบ ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ผังข้อสอบสำหรับแนวการวัดความความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน

องค์ประกอบที่ต้องการวัด	**น้ำหนัก %**	**จำนวนข้อสอบ**	
		ก่อนเรียน-หลังเรียน	**รวม**
1. การวิเคราะห์ความสำคัญ	40%	8	8
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	40%	8	8
3. การวิเคราะห์หลักการ	20%	4	4
รวม	**100%**	**20**	**20**

(3) สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ เรื่อง วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวัน ตามผังข้อสอบโดยกำหนดสถานการณ์ ใช้คำถามแบบวิเคราะห์ความสำคัญ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์หลักการ เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

(4) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง และแก้ไขปรับปรุงตามคำแนะนำ

(5) นำแบบทดสอบให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยการให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาข้อคำถามกับระดับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ โดยใช้หลักเกณฑ์การใช้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

ให้คะแนน 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

ให้คะแนน -1 หมายถึง แน่ใจข้อคำถามไม่สอดคล้องกับความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์

จากนั้นนำผลการพิจารณาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Congruence) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 52-53) ผลการพิจารณาปรากฏว่าได้ ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ซึ่งผ่านเกณฑ์ทุกข้อ และทำการปรับปรุงแก้ไขบางประมารตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

(6) นำแบบทดสอบที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จำนวน 34 คน

(7) นำผลทดสอบวิเคราะห์คุณภาพ วิเคราะห์ข้อทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อทดสอบเป็นรายข้อในด้านอำนาจจำแนก (r) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 58-61) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีอำนาจจำแนกสูงไว้และปรับปรุงข้อทดสอบที่ไม่เหมาะสม

(8) ทำการคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ขึ้นไปซึ่งแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการหาค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.22-0.78 ได้แบบทดสอบ 20 ข้อ

(9) หาค่าความเที่ยงทั้งฉบับของแบบทดสอบโดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของ ครอนบาค (Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 70-72) ผลการวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียนได้ค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.783 ผ่านเกณฑ์ที่ได้ไม่ต่ำกว่า 0.67

(10) จัดทำแบบทดสอบฉบับจริง และนำแบบทดสอบไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี

3. การเก็บรวมรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ดังนี้

3.1 สอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

3.2 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย จำนวน 4 แผน 18 ชั่วโมง ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัย

3.3 สอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนของนักเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย จำนวน 40 ข้อ

3.4 สอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลหลังจากเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วโดยดำเนินการดังนี้

4.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกกับการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการทดสอบค่าที (t-test for One-Samples)

4.2 เปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยใช้สถิติคำนวณหาค่าต่างๆ เพื่อทดสอบเครื่องมือให้มีคุณภาพเหมาะสมก่อนที่จะนำไปใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ สถิติที่ใช้มีดังต่อไปนี้

5. สถิติพื้นฐาน

5.1 ร้อยละ (Percentage) มีสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 122)

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ

F แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

5.2 ค่าเฉลี่ย มีสูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557, น. 10-13)

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

เมื่อ X แทน คะแนนเฉลี่ย

$\overline{\sum X}$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

5.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีสูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2557, น. 10-38)

$$\boldsymbol{SD} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{n\sum X^2 - (\sum X)^2}}{\boldsymbol{n(n-1)}}}$$

เมื่อ SD แทน สถิติส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

5.4 การวิเคราะห์การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

5.4.1 ความตรงเชิงเนื้อหา ของข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและข้อสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับเนื้อหามีสูตรดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 53)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

R แทน ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น +1

ถ้าไม่แน่ใจว่าข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น 0

ถ้าแน่ใจว่าข้อคำถามวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่าเป็น -1

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ค่า IOC มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 0.5 แสดงว่าข้อคำถามวัดสอดคล้องกับจุดประสงค์

5.4.2 หาค่าความยาก (p) และหาค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 58-61) **ดังนี้**

1) สูตรการหาค่าความยาก (Difficulty)

$$p = \frac{R}{T}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยาก

R แทน จำนวนผู้สอบที่เลือกคำตอบถูก

T แทน จำนวนผู้สอบทั้งหมด

ค่าความยากของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกมากแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นง่าย แต่ถ้าข้อสอบข้อใดมีผู้ตอบถูกน้อยแสดงว่าข้อสอบข้อนั้นยาก การแปลความหมายของค่าความยากอาจแบ่งช่วงได้ดังนี้

ค่าความยาก	การแปลความหมาย
0.81 ถึง 1.00	เป็นข้อสอบที่ง่ายมาก
0.61 ถึง 0.80	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.41 ถึง 0.60	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ
0.21 ถึง 0.40	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 ถึง 0.20	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

ข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ต้องมีค่าความยากของตัวเลือกที่เป็นตัวถูกเท่ากับ 0.20 ถึง 0.80

2) สูตรการวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ดังนี้

อำนาจจำแนกของตัวเลือกที่เป็นตัวถูก

$$r = \frac{H-L}{N_H}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

H แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H แทน จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงทั้งหมด

ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00-1.00 การแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก สามารถแปลความได้ ดังนี้

ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย
0.40 และสูงกว่า	เป็นข้อสอบที่ดีมาก
0.30 ถึง 0.30	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 ถึง 0.29	เป็นข้อสอบที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรแก้ไขใหม่

เกณฑ์การพิจารณา ขอบเขตของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ยอมรับ คือ 0.20 ขึ้นไป ส่วนตัวลวงจะต้องมีค่าความยากพอสมควรคือ ประมาณ 5% ค่าอำนาจจำแนกต้องไม่เป็นศูนย์หรือมีค่าติดลบ

5.4.3 หาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความสามารถทางการวิเคราะห์

ใช้วิธีการหาความสอดคล้องภายใน โดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha-Richardson Method) ตามแบบของครอนบาค (Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตน์ศิริกุล, 2559, น. 72) ซึ่งมีสูตรดังนี้

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

เมื่อ α แทน ความเที่ยงของเครื่องมือการวิจัย

K แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามที่ i

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

โดยที่

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

N แทน จำนวนผู้สอบ

X แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

5.5 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมติฐาน

5.5.1 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี กับคะแนนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการทดสอบค่าที (t-test for One-Sample)

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย โดยใช้สถิติ t-test for One-Sample มีสูตรดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตนะ, 2546, น. 146)

$$t = \frac{\bar{X}-\mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}} \quad \text{โดยมี df = n-1}$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้ในการพิจารณาใน t-Distribution

$\bar{X}$ แทน คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน ค่าเฉลี่ยมาตรฐานที่ใช้เป็นเกณฑ์ (μ_0 = 75)

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

5.5.2 การเปรียบเทียบผลการทดสอบความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนการทดลองและหลังการทดลองการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

โดยใช้สถิติ t-test for Dependent Sample มีสูตรดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553, น. 148)

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

เมื่อ t แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

D แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\sum D$ แทน ผลรวมของผลต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังการทดสอบ

$\sum D^2$ แทน ผลรวมกำลังสองของผลต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังการทดสอบ

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยก่อนทดลอง (Pre-Experimental Research) เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ในการวิจัยครั้งนี้ได้นำเสนอข้อมูล ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันในการอ่านผลการวิเคราะห์ข้อมูล และแปลความของผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ใช้สัญลักษณ์ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง
S.D	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติที่ใช้ในการทดสอบ
df	แทน	จำนวนองศาเสรี
p	แทน	ค่านัยสำคัญทางสถิติ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลอง ผู้วิจัยได้จัดลำดับการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกกับการใช้

ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการทดสอบค่าที (t-test for One-Samples)

2.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Sample)

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกกับการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ปรากฏผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนตามเกณฑ์ร้อยละ 75	$\bar{X}$	S.D	t	df	p
หลังเรียน	33	20	15	16.0303	2.5309	2.339	32	.013

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกกับการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2-4.3

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	n	$\bar{X}$	S.D	t	p
ก่อนเรียน	33	14.9394	1.9991	-9.053	.000
หลังเรียน	33	18.0606	1.6945		

* $p < 0.05$

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในรายวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย มีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ด้านความสำคัญ ความสัมพันธ์และหลักการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ		คะแนนเต็ม	n	$\bar{X}$	S.D	t	p
การวิเคราะห์	ก่อนเรียน	8	33	6.0606	.7882	-5.401	.000
ความสำคัญ	หลังเรียน	8	33	7.1818	.9505		
การวิเคราะห์	ก่อนเรียน	8	33	6.0606	1.3906	-5.194	.000
ความสัมพันธ์	หลังเรียน	8	33	7.2727	.9108		
การวิเคราะห์	ก่อนเรียน	4	33	2.8182	.8083	-5.280	.000
หลักการ	หลังเรียน	4	33	3.6061	.5556		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ความสามารถด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการวิเคราะห์หลักการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในรายวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย มีความสามารถด้านการวิเคราะห์ความสำคัญทั้งสามด้าน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยก่อนทดลอง (Pre-Experimental Research) เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี สรุปผลการวิจัย อภิปรายและข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

1. สรุปการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนมีคะแนนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.2.2 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

1.3 วิธีดำเนินการวิจัย

1.3.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 70 คน จัดเป็น 2 ห้องเรียน แบบคละความสามารถ

1.3.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 1 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 33 คน จำนวน 1 ห้องเรียน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม

1.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย เป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล มีรายละเอียดดังนี้

1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอนทั้งสิ้น 18 ชั่วโมง

2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

(1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองตามแนวคิดของบลูม ซึ่งเป็นแบบทดสอบวัดความสามารถด้านพุทธพิสัย (Cognitive Domain) เป็นแบบทดสอบแบบเลือก 4 ตัวเลือก จำนวน 28 ข้อ และแบบเขียนตอบ จำนวน 12 ข้อ รวมทั้งหมด 40 ข้อ

(2) แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองตามแนวคิดของบลูม เป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 1 ชุด ได้แก่ แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

1.3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1) สอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ก่อนเรียนด้วยแบบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

2) ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย จำนวน 4 แผน 18 ชั่วโมง ดำเนินการสอนโดยผู้วิจัย

3) สอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียน ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย จำนวน 40 ข้อ

4) สอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังเรียนด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 20 ข้อ

1.3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

1) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกกับการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยการทดสอบค่าที (t-test for One-Samples)

2) การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนโดยการทดสอบค่าที (t-test for Dependent Samples)

1.4 ผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า

1.4.1 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี มีคะแนนเฉลี่ย 16.03 คิดเป็นร้อยละ 80.15 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

1.4.2 นักเรียนมีความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ทั้งสามด้านหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คือ ความสามารถด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเฉลี่ย 1.12 คิดเป็นร้อยละ 14.02 ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเฉลี่ย 1.21 คิดเป็นร้อยละ 15.15 และความสามารถด้านการวิเคราะห์หลักการ มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเฉลี่ย 0.79 คิดเป็นร้อยละ 19.70 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. อภิปรายผล

จากการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี ผู้วิจัยมีประเด็นอภิปรายดังต่อไปนี้

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีต่างๆ และเป็นการจัดการเรียนรู้ให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นด้วยตัวของผู้เรียนเอง และการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม ดังนั้น ประสบการณ์เดิมของนักเรียนจึงเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเรียนรู้เป็นอย่างยิ่ง กระบวนการเรียนรู้ (Process of leaning) โดยครูเป็นผู้ชี้แนะแนวทาง โดยให้นักเรียนเป็นผู้ลงมือกระทำเอง และการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีคอนสตัคติวิสต์เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้นเสาะหา สำรวจตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้นการที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Process) ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) และทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมายของ Ausubel ซึ่งกล่าวว่าการเรียนรู้อย่างมีความหมายจะเกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่ในโครงสร้างของการเรียนรู้ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเรียนรู้บทเรียนใหม่ได้อย่างคงทนดีกว่าการเรียนรู้แบบท่องจำ (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2557, น. 49-51) ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นการเรียนรู้ที่มีนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ โดยผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อทำให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้และเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ได้ด้วยตนเองอย่างลึกซึ้ง อีกทั้งสามารถพัฒนาระบบการเรียนรู้ของตนในด้านทักษะการใช้ชีวิตให้มีความสามารถในการใช้เทคโนโลยีและที่สำคัญเป็นการส่งเสริมการปลูกฝังให้นักเรียนสามารถคิดวางแผนและทำงานอย่างเป็นระบบ ตลอดจนฝึกทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีม มีความรับผิดชอบหน้าที่ควบคู่กับการมีคุณธรรมและจริยธรรม ซึ่งเป็นการเรียนรู้แบบครบองค์ความรู้ในทุกด้านที่จำเป็นต่อการดำเนินชีวิตทำให้นักเรียนสามารถ

พึ่งตนเองได้และมีนิสัยใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่องไปตลอดชีวิต ทิศนา แขมมณี (2554, น. 90-96) กล่าวว่า วีก็อทสกี้ (Vygotsky) และเพียเจต์ (Piaget) สนใจเรื่องการพัฒนาทางเชาว์ปัญญา กระบวนการรู้คิดหรือกระบวนการทางปัญญา ซึ่งกระบวนการรู้คิดเป็นกระบวนการของทางสมองในการปรับเปลี่ยน ลด ตัด ขยายหรือจัดเก็บและใช้ข้อมูลที่รับเข้ามาทางประสาทสัมผัส การบอกความหมายของสิ่งที่รับรู้ความหมายของสิ่งเดียวกันสำหรับแต่ละคนมีความต่างกันทางประสบการณ์ โดยแนวคิดดังกล่าวเป็นรากฐานสำคัญของการสร้างความรู้ด้วยตนเอง คือ เป็นการให้ความสำคัญของกระบวนการและวิธีการของบุคคลในการสร้างความรู้ ความเข้าใจจากประสบการณ์ เชื่อว่าการเรียนรู้เป็นเรื่องเฉพาะตัว การตีความหมายของสิ่งที่เรียนรู้เป็นไปตามประสบการณ์เกิดความเชื่อความสนใจ ทิศนา แขมมณี (2555, น. 94-96) สรุปการนำทฤษฎีการสร้างความรู้ไปใช้ในการเรียนการสอนสามารถทำได้หลายทาง ดังนี้ 1) ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ผลของการเรียนรู้จะมุ่งเน้นไปที่กระบวนการสร้างความรู้ และการตระหนักรู้ในกระบวนการนั้น เป้าหมายการเรียนรู้จะต้องมาจากการปฏิบัติงานจริง 2) เป้าหมายของการสอนจะเปลี่ยนจากการถ่ายทอดให้ผู้เรียนได้รับสาระความรู้ที่แน่นอนตายตัว ไปสู่การสาธิตกระบวนการแปลและสร้างความหมายที่หลากหลาย การเรียนรู้ทักษะต่าง ๆ จะต้องให้มีประสิทธิภาพถึงขั้นทำได้และแก้ปัญหาได้จริง 3) ผู้เรียนจะเป็นผู้มีบทบาทในการเรียนรู้อย่างตื่นตัว โดยจะต้องเป็นผู้จัดกระทำกับข้อมูลหรือประสบการณ์ต่าง ๆ และจะต้องสร้างความหมายให้กับสิ่งนั้นด้วยตนเอง 4) ในการจัดการเรียนการสอนครูจะต้องพยายามสร้างบรรยากาศทางสังคม จริยธรรม (Socio Moral) ให้เกิดขึ้น หมายถึง ผู้เรียนจะต้องมีโอกาสเรียนรู้ในบรรยากาศที่เอื้อต่อการปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ซึ่งทางสังคมถือว่าเป็นปัจจัยสำคัญของการสร้างความรู้ ได้แก่ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม การร่วมมือ และการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดและประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียน 5) ผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนรู้อย่างเต็มที่ โดยผู้เรียนจะนำตนเองและควบคุมตนเองในการเรียนรู้ เช่น ผู้เรียนจะเลือกสิ่งที่ต้องการเรียนเอง ตั้งกฎระเบียบเอง แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นเอง ตกลงกันเองเมื่อมีความคิดเห็นต่างกัน เลือกผู้ร่วมงานได้เอง และรับผิดชอบในการดูแลรักษาห้องเรียนร่วมกัน 6) ครูจะมีบทบาทแตกต่างไปจากเดิม คือ จากการเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้และควบคุมการเรียนรู้ เปลี่ยนไปเป็นการให้ความร่วมมือ อำนวยความสะดวกและช่วยเหลือผู้เรียนในการเรียนรู้ 7) ในการประเมินผลการสอน เนื่องจากการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนี้ ขึ้นกับความสนใจและการสร้างความหมายที่แตกต่างกันของบุคคล ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้น จึงมีลักษณะหลากหลาย ดังนั้นการประเมินผลจึงจำเป็นต้องมีลักษณะการประเมินตามจุดมุ่งหมายในลักษณะที่ยืดหยุ่นกันไปในแต่ละบุคคล ซึ่งอาจประเมินจากเพื่อน แฟ้มผลงาน รวมทั้งการประเมินตนเองด้วย วีณา ประชากูล และ ประสาท เนืองเฉลิม (2559) ได้กล่าวถึงทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism ไว้ว่า เป็นความเชื่อพื้นฐานของการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองที่

เป็นทฤษฎีทางปรัชญาและจิตวิทยาเกี่ยวกับความรู้และการเรียนรู้ที่เชื่อว่าความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียวแต่เป็นการสร้างความเข้าใจในความรู้จากประสบการณ์โดยกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถควบคุมได้ด้วยตนเองของแต่ละบุคคลการเรียนรู้เป็นทั้ง Personal และ Social process ที่บุคคลต้องเรียนรู้เพื่อปรับความรู้ความเข้าใจโดยใช้ความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่เชื่อมโยงกับความรู้ใหม่อย่างมีความหมายทำให้เกิดกระบวนการปรับโครงสร้างทางสติปัญญา (Cognitive structure) ที่ใช้ทั้งกระบวนการดูดกลืน (Assimilation) และกระบวนการปรับให้เหมาะ (Accommodation) ช่วยทำให้เกิดสภาวะสมดุล ผลการวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับการวิจัยของ จิรศักดิ์ ศรีสมศักดิ์ (2556) ที่ได้ศึกษาผลการใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ในวิชาเคมี เรื่อง ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 25 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 25 สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ความสามารถรถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนเรื่อง ธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรมของนักเรียนดังกล่าวสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจของนักเรียนดังกล่าว ต่อการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ โดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด นิรมล รอดไพ (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมีและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาเคมี มีค่าความเชื่อมั่น 0.9589 ค่าความยากง่าย (p) 0.27-0.67 ค่าอำนาจจำแนก (r) 0.43-1.00 และแบบทดสอบในการวัดความสามารถในการคิดแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น 0.9589 และผลการวิจัยพบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่ม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 พนิน ศรีนวลแก้ว (2560) ได้ทำวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เจนจิรา สีนวล (2560) ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการทำงานกลุ่ม และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเกมกลุ่มแข่งขัน (TGT) และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการทำงานกลุ่ม และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเกมกลุ่มแข่งขัน (TGT) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการทำงานกลุ่ม และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 Simge and Yasemin (2011, p. 417-422) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 72 คน ในโรงเรียนรัฐบาลในเมืองอายดิน (Aydin) ประเทศตุรกี แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 38 คน กลุ่มควบคุม จำนวน 34 คน แบบแผนการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้วิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 Kunduz (2013, p. 748-792) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual lab) ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ 7E เรื่องการไทเทรตโดยปฏิกิริยาการตกตะกอน ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 89 คน ที่เรียนโรงเรียนมัธยมอังการา เอ็ม รัสตุ อุเซล (Ankara M. RÜŞtÜ Uzel) ประเทศตุรกี โดยการวิจัยกึ่งทดลอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีความแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือการจัดการเรียนรู้ด้วยโปรแกรมห้องทดลองปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual lab) ด้วยรูปแบบการเรียนรู้ 7E ส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบที่ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7

ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2 ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้ ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง ใช้กระบวนการทางความคิดอย่างเป็นระบบเพื่อค้นหาความจริง เหตุผล กฎเกณฑ์ต่างๆ ด้วยตนเอง โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นทักษะย่อยบางทักษะมากำหนดเป็นขอบเขตของการผลิตและใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการวิจัยนี้ ได้แก่ ชุดฝึกกิจกรรม ชุดฝึกการคำนวณ และชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง สร้างขึ้นเพื่อใช้ฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดวิเคราะห์ เชื่อมโยง ตั้งคำถาม และหาคำตอบได้ด้วยตัวเองตามขั้นตอนของกิจกรรมอย่างสนุกสนาน ด้วยความสนใจ ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจและมีทักษะสูงขึ้น สอดคล้องกับแนวคิดทฤษฎีการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการใช้ชุดฝึกในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีพฤติกรรมของธอร์นไดค์ หรือทฤษฎีสัมพันธ์เชื่อมโยง ทิศนา แขมมณี (2550, น. 51-52) กล่าวว่าหลักการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนอง โดยมีหลักการพื้นฐานว่าการเกิดการเรียนรู้เกิดจากการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งเร้ากับการตอบสนองที่มักออกมาในรูปแบบโดยการลองผิดลองถูกกว่าจะพบสิ่งที่เหมาะสมที่สุดกฎแห่งการเรียนรู้มีดังนี้ 1) กฎแห่งความพร้อมประสบการณ์เดิมจะเชื่อมความรู้ใหม่ 2) กฎแห่งการฝึกหัด การที่ผู้เรียนได้ฝึกหัดหรือกระทำซ้ำบ่อยๆ จะทำให้เกิดความสมบูรณ์ถูกต้อง 3) กฎแห่งความพอใจ เมื่ออินทรีย์ได้รับความพอใจจากผลของการกระทำกิจกรรมก็จะเกิดผลดีกับการเรียน อยากเรียนเพิ่มเติม จากกฎการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ ดังกล่าว สามารถนำมาประยุกต์ในการจัดการเรียนการสอนได้ดังนี้ ทิศนา แขมมณี (2550, น. 51) 1) การเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนแบบลองผิดลองถูกบ้าง (เมื่อพิจารณาแล้วว่าไม่ถึงกับเสียเวลามากเกินไป และไม่เป็นอันตราย) จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในวิธีการแก้ปัญหา จดจำการเรียนรู้ได้ดี และเกิดความภาคภูมิใจในการทำสิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง 2) การสำรวจความพร้อมหรือการสร้างความพร้อมของผู้เรียนเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ต้องกระทำก่อนการสอนบทเรียน เช่น การสร้างบรรยากาศให้ผู้เรียนเกิดการอยากรู้อยากเรียน การเชื่อมโยงความรู้เดิมมาสู่ความรู้ใหม่ การสำรวจความใหม่ การสำรวจความรู้พื้นฐาน เพื่อดูว่าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเรียนบทเรียนต่อไปหรือไม่ 3) หากต้องการให้ผู้เรียนมีทักษะในเรื่องใดจะต้องช่วยให้เขาเกิดความเข้าใจในเรื่องนั้นอย่างแท้จริงแล้วให้ฝึกฝนโดยกระทำสิ่งนั้นบ่อยๆ แต่ควรระวังอย่าให้ถึงกับซ้ำซาก จะทำให้ผู้เรียน

เกิดความเบื่อหน่าย 4) เมื่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้แล้วควรให้ผู้เรียนฝึกนำการเรียนรู้นั้นไปใช้บ่อยๆ 5) การให้ผู้เรียนได้รับผลที่ตนเองพึงพอใจ จะช่วยให้การเรียนการสอนประสบผลสำเร็จ การศึกษาว่าสิ่งใดเป็นสิ่งเร้าหรือรางวัลที่ผู้เรียนพึงพอใจจึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ จากทฤษฎีพฤติกรรมของธอร์นไดค์สรุปได้ว่า ถ้าผู้เรียนมีความพร้อมที่จะเรียนและได้รับการฝึกฝนให้ผู้เรียนได้ทำงานอยู่บ่อยๆ เป็นประจำย่อมทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีมีความคล่องแคล่ว และคงทนถาวร ผลการวิจัยนี้ได้สอดคล้องกับการวิจัยของ อาริสา สุปน (2557) ที่ได้ศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนูปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนห้องสอนศึกษา จังหวัดแม่ฮ่องสอน พบว่า (1) ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E วิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอูปกรณ์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 80.61/79.39 (2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E สูงกว่าของนักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E สูงกว่าของนักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ดับ .05 วริศรา กัณหาสร้อย (2559) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มโรงเรียนนาง้ิวโนนสมบูรณ์ จังหวัดขอนแก่น พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) สูงกว่าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) สูงกว่าของความสามารถดังกล่าวหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จรรยา วรรัตน์ (2559) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้เว็บเควสท์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่รับการจัดการเรียนการรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้เว็บเควสท์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 83.82 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (2) ความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้เว็บเควสท์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน สูงกว่าความสามารถดังกล่าวก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จรุณี สีทาดี (2559) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ จังหวัดอุดรธานี ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD กับนักเรียนที่เรียนแบบปกติ และเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ จังหวัดอุดรธานี ที่เรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD กับของนักเรียนที่เรียนแบบปกติ พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าของนักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าของนักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 วิเชียร โตแย้ม (2560) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น สูงกว่าแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 พนิน ศรีนวลแก้ว (2560) การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ พบว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 4MAT สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบที่ว่าความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สรุปได้ว่า ในการนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย มาใช้ในการเรียนการสอนนั้นเป็นการช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 ในการนำกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนนั้น ครูผู้สอนต้องศึกษาทำความเข้าใจในรูปแบบ และขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้อย่างละเอียด รวมทั้งพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา โดยเฉพาะการกำหนดและสร้างสถานการณ์ปัญหา ที่จะนำไปสู่การหาคำตอบได้ครบตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

3.1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ควรลำดับขั้นตอนในการสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) โดยในขั้นตรวจสอบความรู้เดิม ครูผู้สอนต้องวางแผนการจัดกิจกรรม จัดเตรียมสื่อที่มีความเหมาะสม เพราะจะเชื่อมโยงเข้าไปในขั้นสร้างความสนใจ จะทำให้นักเรียนสนใจมากขึ้น

3.1.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย มีกระบวนการที่ให้นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติจริง ในแต่ละขั้นตอนและมีกิจกรรมที่หลากหลาย จึงจำเป็นต้องใช้เวลามากในบางกิจกรรม บางครั้งได้เนื้อเรื่องไม่ครบตามที่กำหนด ครูผู้สอนควรยืดหยุ่นได้ตามความเหมาะสม

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรทำการศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี ให้มีเนื้อหาสาระเหมาะสมกับวัยของผู้เรียน เช่น ชุดฝึกการคำนวณ เหมาะสมกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นต้น

3.2.2 ควรศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่เกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมีและวิชาวิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

3.2.3 ควรปรับประยุกต์ใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี ให้มีความเหมาะสมกับสถานการณ์ปัจจุบันที่นักเรียนต้องเรียนออนไลน์ เพื่อให้นักเรียนสามารถฝึกปฏิบัติกิจกรรมออนไลน์ และครูสามารถตรวจสอบได้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กชกร ธิปัตดี. (2552). *เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบและผลิตวัสดุหลักสูตร*. อุบลราชธานี: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

กษมา วรวรรณ ณ อยุธยา. (2550). *การคิดวิเคราะห์*. สืบค้นจาก http://www.google.co.th.

กรมวิชาการ. (2552). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2552). การวางแผนการวัดและประเมินผลการศึกษา. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาการบริหารและการจัดการวัดและประเมินผลการศึกษา*. (หน่วยที่ 5, หน้า 111-115). (พิมพ์ครั้งที่ 8). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

_____. (2554). *ผลการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ เรื่องเลขยกกำลังที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเทศบาล 4 (วัดโพธาวาส) จังหวัดสุราษฎร์ธานี*. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

_____. (2559). หน่วยที่ 9 เครื่องมือวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน หน่วยที่ 8-11*. (พิมพ์ครั้งที่ 6, น. 1-83). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และสุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2558). หน่วยที่ 6. พื้นฐานทางจิตวิทยาของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 6-10*. (พิมพ์ครั้งที่ 1, น. 1-142). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เกษศิรินทร์ ชูรา. (2549). *การศึกษาภูมิปัญญาท้องถิ่น ประวัติและผลงานของพระครูเกษมธรรมานุวัตร*. โรงเรียนบ้านเกษม อำเภอตระการพืชผล สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาอุบลราชธานี เขต 2.

จรรยา วรรัตน์. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐานร่วมกับการใช้เว็บเควสท์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวันที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประถมศึกษาขนาดกลาง จังหวัดตราด.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

จรุณี สีทาดี. (2559). *ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือด้วยเทคนิค STAD วิชาเคมี เรื่องของแข็ง ของเหลว แก๊ส ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ จังหวัดอุดรธานี.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

จิรศักดิ์ ศรีสมศักดิ์. (2556). *ผลการใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับผังมโนทัศน์ในวิชาเคมี เรื่องธาตุและสารประกอบอนินทรีย์ในอุตสาหกรรม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 25.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต).มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2558). การเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 6-10. (พิมพ์ครั้งที่ 1, น. 1-69).* นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เจนจิรา สีนวล. (2560). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการทำงานกลุ่มและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคเกมกลุ่มแข่งขัน (TGT) กับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

ฉัฐภิมณฑ์ เพชรศักดิ์วงศ์. (2552). *การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้เรื่องหินและแร่ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนทัศน์และการจัดการเรียนรู้ตามคู่มือครูของ สสวท.* มหาวิทยลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวาล แพรัตกุล. (2552). *เทคนิคการวัดผล*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิปลากรศึกษาศาสตร์*.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

_____. (2553). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

_____. (2554). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2546). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: เทพเนรมิตการพิมพ์.

โชติกา ภาษีผล. (2559). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ : Learning Measurement and Evaluation.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐญาณี เพชรผา.(2548). *การพัฒนาแบบฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นอนุบาลปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

ดวงสมร ดวงตา. (2556). *การพัฒนาแบบฝึกทักษะการแก้ปัญหาโจทย์คำนวณวิชาเคมี เรื่อง โมล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนหนองบัวพิทยาคม จังหวัดน่าน*. (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ถวัลย์ มาศจรัส. (2546). *นวัตกรรมการศึกษาชุด แบบฝึกหัด-แบบฝึกทักษะ เพื่อพัฒนาผู้เรียนและการจัดทำผลงานทางวิชาการอาจารย์ 3 และบุคลากรทางการศึกษา (ครูชำนาญการ ครูเชี่ยวชาญ และครูเชี่ยวชาญพิเศษ)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ธารอักษร.

_____. (2548). *คู่มือความคิดสร้างสรรค์ในการจัดทำนวัตกรรมการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ธารอักษร.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2557). แม่เหล็กไฟฟ้า. ใน *เอกสารการสอนชุดวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน*. หน่วยที่ 1-5. (น. 4-1 – 4-88). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

ทิศนา แขมมณี. (2550). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2551). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2554). ทักษะการคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ สร้างสรรค์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ. *วารสารราชบัณฑิตยสถาน. 36*(2), 20-25.

_____. (2555). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2557). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี และ คณะ. (2549). *การนำเสนอรูปแบบเสริมสร้างทักษะการคิดขั้นสูงของนิสิตนักศึกษาครูระดับปริญญาตรี สำหรับหลักสูตรครุศึกษา.* รายงานการวิจัยคณะครุศาสตร์ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2557). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.

ธีรวัฒน์ ดวงใจดี. (2550). *การพัฒนาผลการเรียนรู้ เรื่องสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, กรุงเทพฯ.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2557). *การวิเคราะห์ข้อมูล เชิงปริมาณ:สถิติบรรยายและสถิติพาราเมตริก.ในประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2557). *ความหมายและขอบเขตของการคิดวิเคราะห์ในคิดวิเคราะห์สอนและสร้างได้อย่างไร,* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2561). การผลิตและใช้ชุดการเรียนการสอนชุดฝึกทักษะกระบวนการ และชุดฝึกทักษะปฏิบัติการทดลองวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสื่อ นวัตกรรมและการวัดแลประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 6-10.* (พิมพ์ครั้งที่ 2, น. 1-99). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

_____. (2562). *เพื่อนคู่คิดครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ : การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นิตยาภรณ์ อินอ่อน. (2549). *การพัฒนาชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน สำหรับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

นิรมล รอดไพ. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น โดยใช้เทคนิคการแข่งขันระหว่างกลุ่มที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมี และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

นิลาภรณ์ ธรรมวิเศษ. (2546). *การพัฒนาแบบฝึกทักษะการเขียนสะกดคำในมาตราแม่กด สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

บัวลอย อุ่นนันกาศ. (2550). *ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการคิดเชิงวิเคราะห์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์สุวีริยาสาส์น.

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2553). *การพัฒนาการคิด*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิค พริ้นติ้ง.

_____. (2556). *การพัฒนาการคิด*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิค พริ้นติ้ง.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2550). *หลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์*. มหาสารคาม: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

_____. (2552). การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ขั้น. *วารสารวิชาการ.10* (4), 25-30.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2551). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

พนิน ศรีนวลแก้ว. (2560). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, ลำปาง.

พรชัย ผาดไธสง. (2545). *การพัฒนาแบบฝึกเสริมทักษะกิจกรรมขั้นตอนที่ 5 เรื่องผักบุ้ง ประกอบการสอนภาษาไทยแบบมุ่งประสบการณ์ทางภาษา ชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนประถมศึกษาสังกัดสำนักงานประถมศึกษาจังหวัดอำนาจเจริญ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2552). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์.

_____. (2553). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน*. (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มิสท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และราเชน มีศรี. (2559). *การจัดการเรียนรู้ ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

พิสณุ ฟองศรี. (2552). *การสร้างและพัฒนาเครื่องมือวิจัย*. กรุงเทพฯ : ด่านสุทธาการพิมพ์.

ไพโรจน์ ชินศิรประภา. (2550). *สนุก สุขใจ ได้ปัญญา*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิไทยคม.

ไพศาล วรคำ. (2554). *การวิจัยทางการศึกษา*. มหาสารคาม: สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2552). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ยุพา กุมภาว์. (2550). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle)*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2552). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์*. (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รังสรรค์ บุษยะมา. (2552). *เอกสารคำสอนประกอบวิชาการพัฒนาหลักสูตรและการเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ.2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คพับลิเคชั่นส์.

วริศรา กัณหาสร้อย. (2559) *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (7E) เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มโรงเรียนนางิ้วโนนสมบูรณ์ จังหวัดขอนแก่น*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

วัชรา เล่าเรียนดี. (2560). *การนิเทศการสอน*. นครปฐม: ภาควิชาหลักสูตรและวิธีการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิเชียร โตแย้ม. (2560). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นกับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี, ลพบุรี.

วินุรักษ์ สุขสำราญ. (2553). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือโดยใช้เทคนิค TGT.* (สารนิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วิไลรัตน์ กลิ่นจันทร์. (2552). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมการคิดวิเคราะห์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

วีณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม. (2559). *รูปแบบการเรียนการสอน.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). ขอนแก่น : คลังนานาวิทยา.

วีระ สุดสังข์. (2550) . *การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดสร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม.* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory).* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2562). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับขั้นพื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562.* สืบค้นเมื่อ 16 มีนาคม 2563. จาก www.niets.or.th

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2549). *แนวทางการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์.* กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2556). *รายงานการติดตามและประเมินผลการจัดการศึกษาตามนโยบายด้านการศึกษาของรัฐบาล ปี 2556.* กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.

_____. (2558). *รายงานผลการศึกษา:สถานภาพการผลิตและพัฒนาครูในประเทศไทย.* กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค จำกัด.

สถาบันวิทยาศาสตร์. (2556). *รายงานการวิจัยการตีความอภิมานรายงานการวิจัยเชิงคุณภาพและการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนโรงเรียนแกนนำยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (The Meta-interpretation of Qulitative Research and Development on Teaching and Learning in Elevating Science and Mathematics Achivements Leadership Schools.)*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2541). *เอกสารชี้แจงการจัดการเรียนการสอนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. (2549). *เอกสารประกอบการประชุมปฏิบัติการเผยแพร่ ขยายผลและอบรมรูปแบบการจัดกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อพัฒนากระบวนการคิดขั้นสูง*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. กรุงเทพฯ: อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์.

_____. (2556). *การวัดผลประเมินคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น (มหาชน).

_____. (2560). *คู่มือการใช้หลักสูตร กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.

ส่องแสง อาราษฎร์. (2560). ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคเคดับเบิลยูแอล เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านนาเจริญ จังหวัดชัยภูมิ. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ, 10*(2), 208-230.

สมนึก ภัททิยธนี. (2558). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2551). *ระเบียบวิธีการวิจัยสำหรับมนุษศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). *การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่ เพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุคนธ์ สินธพานนท์ และคณะ. (2553). *นวัตกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

_____. (2555). *พัฒนาทักษะการคิดตามแนวปฏิรูปการศึกษา.* กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพริ้นติ้ง.

สุทธิดา จำรัส. (2560). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 1. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะวิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ หน่วยที่ 6-10.* (พิมพ์ครั้งที่ 5, น. 1-86). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุเทวี แก้วนิมิตดี. (2547). *การพัฒนาแบบฝึกเสริมทักษะคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ และคนอื่น ๆ . (2545). *การพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอนสำหรับโรงเรียนรวมชั้น (การปฏิรูปโรงเรียนและกระบวนการเรียนรู้).* งานวิจัยการประชุมทางวิชาการวิจัยเกี่ยวกับ การปฏิรูปการเรียนรู้ วันที่ 19-20 กรกฎาคม 2547 ณ สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ สำนักวิจัยและพัฒนาการศึกษา.

สุพัตรา สัตยากูล. (2552). *การพัฒนาชุดฝึกทักษะกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

สุวิทย์ มูลคำ. (2550). *กลยุทธ์การสอนวิเคราะห์.* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

โสภัณฑ์ นุชนาถ และคณะ. (2551). *เอกสารประกอบชุดวิชาครูและจิตวิทยา.* กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี.

อชิรกาญณ์ ดอกไม้. (2557). *ผลการใช้บทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนร่วมกับผังความคิด วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ร่างกายของเรา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนอนุบาลสมเด็จพระวันรัต.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.

อรุณี ศรีวงษ์ชัย. (2551). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความสามารถในการให้เหตุผลและเจตคติต่อการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ระบบสมการเชิงเส้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต) . มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อาร์ม โพธิ์พัฒน์. (2550). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเขียนผังมโนมติ.* (ปริญญานิพนธ์ กศ.ม.). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อาริสา สุปน. (2557). *ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7E ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* งานวิจัยการประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 5.

Anderson. L.W.and Krathwohl. (eds). (2001). *A Taxonomy of Learning, Teaching and Assessment: A Revision of Bloom's Educational of Objectives.* New York: Addison Wesley Longman.

Bloom, Benjamin S. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives Book I: cognitive Domain.* London : Longman Group Limited.

_____. (1976). *Taxonomy of Education Objective Handbook I: Cognitive Domain.* New York: David Mackey.

Barrow, L. H. (2006). *A Brief History of Inquiry: From Dewey to Standards*. Jour of Science Teacher education, 17: 265-278.

Bybee, R., & Landes, N. M. (1990). *Science for life and living: An elementary school science program from Biological Sciences Improvement Study (BSCS)*. The American Biology Teacher, 52(2), 92 –98.

Bybee, R., & et al. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness.* Colorado Springs, CO: BSCS.

CallaHan, J.F. and others. (1998). *Teaching in Middle and Secondary Schools.* 3rd ed. U.S.A.: MacMillan.

Clark, leonard H. (1970). *Strategies and Tactics in Secondary School Teaching.* London: Gollier Macmillan.

Ebel, R. L. and Frisbie, D. A. (1986). *Essentials of Educational Measurement*. New Jersey: Prentice - Hall.

Eisenkraft, Arthur. (2003). *Expanding the 5E model: A Proposed 7E emphasizes Transferring of learning and the Importance of Eliciting Prior Understanding.* The Science Teacher 70, 60: 56-59.

Ennis, R.H. (1985). *Logical Operation in Classroom.* International Cyclopedia of Education. V.5.P. 3129-3139. New York: Pergamon Press.

Eysenck, J., Arnold, W., and Melli, R. (1972). *Encyclopedia of Psychology.* London: Search Press Limited.

Facione, P. A. (2006). *Critical Thinking: What It Is and Why It Counts'.* Retrieved 30 April 2016 from www.insightassessment.com/pdf_files/what&why2009.pdf.

Gardner, H. (1983). *Frame of mind: The theory of multiple intelligences.* New York: Basic Books.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education. Education.* New York: McGraw – Hill.

Joyce, & Weil. (1986). *Model of teaching*. (3rd ed.). London: Prentice-Hall.

Kanli, U. (2008). *The Efficacy of the 7E Learning Cycle Model Based on Laboratory Approach on Development of Student' Science Process Skills.* Journal of Gazi Education Faculty. 1(28): 91-125.

Klopfer, L.E. (1974). *Evaluation of learning in Science. In Handbook on formative evaluation of student learning.* New York: McGraw-Hill.

Kunduz, P., D. (2013). *Treatment of slaughter house wastewater in a sequencing batch reactor: Performance evaluation and biodegradation kinetics.* Biomed Research International 2013, 1-11.

Lawson, A.E.; & L.D. Thompson. (1995). *Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetics and Natural Selection.* Journal of Research in Science Teaching. 25(9): 733-746.

Lederman, J.S. (2009). *Teaching scientific inquiry: Exploration, directed, guide, and open-ended levels. In National Geographic Science: Best practices and Research Base (pp. 8-20)*. Hapton-Brown.

Marzano. Robert J. (2001). *Designing a New Taxonomy of Educational Objectives*. Thousand Oaks, CA: Corwin Press: London: Sage.

National Research Council. (1996). *National science education standards.* Washington, D.C.: National Academy Press.

_____. (2000). *Inquiry and the National science education standards: A guide for teaching and learning.* Washington, D.C.: National Academy Press.

Odom, A. L. and Kelly, P. V. (2001). *Integrating Concept Mapping and the Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concepts High School Biology Students.* Science Education. 85(6): 615-635.

Reid, J. R., & Anderson, P. R. (2012). *Critical Thinking in the Business Classroom.* Journal of Education for Business, 88, 52-59.

Scriven & Paul, R. (2008). *Critical thinking: What, why, and how.* New Directions for Community Colleges, 3-24.

Simge, A. and Yasemin, G. (2011). *The effect of inquiry-based learning environment in science and technology course on the students' academic achievements.* Western Anatolia Journal of Educational Sciences (WAJES), 417-422.

Somers, R.L. (2005). *Putting down roots in environmental literacy: A study of middle school student' participation in Louisiana sea grant's coastal roots project.* [Online] Available from: http://etd.lsu.edu/docs/available/etd-04142005-104733/unrestricted/Somers_thesis.pdf. [2012, December 15]

Susan. (1992). *An Electronic Book for Early Learners.* Educational and Training Technology International.

Thomas & Field. (1977). *Managing Project Based Learning: Principles from The Field.* The Buck Institute for Education.

Watson, G.;& Glaser, E.M. (1964). *Watson-Glaser Critical Thinking Appraisal Manual: Form Ym and Zm.* New York: Harcout Brace and World.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E)

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

รหัสวิชา ว30222 ชื่อรายวิชา เคมีเพิ่มเติม2 กลุ่มสาระการเรียนเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 เวลา 3 ชั่วโมง
สาระที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย (ต่อ)

ผู้สอน นางสาววิไล ชาปู่

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

1. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่างๆ

สาระสำคัญ

ความเข้มข้นของสารละลายเป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวละลายที่ละลายในสารละลาย หน่วยความเข้มข้นของสารละลายเป็นหน่วยที่แสดงถึงปริมาณตัวละลายที่มีอยู่ในสารละลายหรือในตัวทำละลาย หน่วยบอกความเข้มข้นมีหลายหน่วย ได้แก่ 1) โมลาริตี หรือ โมลาร์ (M) เป็นหน่วยที่บอกจำนวนโมลของตัวละลาย (mol) ในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm^3) ดังนั้นจึงมีหน่วยความเข้มข้นเป็นโมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร (mol/dm^3 หรือ L) การคำนวณหาความเข้มข้นเป็นโมลาริตี มีสูตรดังนี้

$$\text{โมลาริตี } (M) = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย } (mol)}{\text{ปริมาตรของสารละลาย } (dm^3 \text{ หรือ } L)}$$

2) โมแลลิตี หรือ โมแลล (m) เป็นหน่วยที่บอกจำนวนโมล ของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1,000 กรัม หรือ 1 กิโลกรัม การคำนวณหาความเข้มข้นเป็นโมแลลิตี มีสูตรดังนี้

$$\text{โมแลลิตี } (m) = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวละลาย } (mol)}{\text{มวลของตัวทำละลาย } (kg)}$$

3) เศษส่วนโมล (X) หมายถึง อัตราส่วนจำนวนโมลของสารชนิดหนึ่งต่อจำนวนโมลรวมของสารองค์ประกอบทุกชนิดในสารละลาย การคำนวณหาความเข้มข้นเป็นเศษส่วนโมล มีสูตรดังนี้

$$\text{เศษส่วนโมลของสาร } (X) = \frac{\text{จำนวนโมลของสาร}}{\text{จำนวนโมลรวม}}$$

จุดประสงค์การเรียนรู้

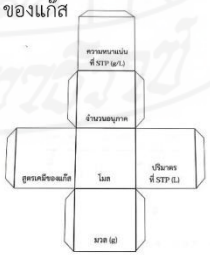
1. บอกความหมายของสารปริมาณ 1 โมล ได้
2. จำแนกประเภทหน่วยความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาจำนวนโมลของตัวละลายในสารละลายได้
3. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้
4. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้
5. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้
6. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้
7. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้
8. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้

9. ตรวจสอบคำตอบและวิธีการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลตี และเศษส่วนโมลร่วมกับผู้อื่นได้

สาระการเรียนรู้แกนกลาง

สารที่พบในชีวิตประจำวันจำนวนมากอยู่ในรูปของสารละลาย การบอกปริมาณของสารในสารละลายสามารถบอกเป็นความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E)

ขั้นตอน 7E	กิจกรรม	เสริมแบบฝึก
1. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit) - ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างสูตรโมเลกุลของธาตุหรือสารประกอบที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน - ครูยกตัวอย่างสูตรโมเลกุลของสารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 1 โมล มีมวลเท่ากับ 58.44 กรัม เมื่อกำหนดให้มวลต่อโมลของธาตุ Na=22.99 กรัมต่อโมล และ Cl = 35.45 กรัมต่อโมล - ครูตั้งคำถามว่า สารประกอบโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 0.5 โมล มีมวลเท่ากับกี่กรัม (คำตอบคือ 29.22 กรัม)	- ให้นักเรียนยกตัวอย่างสูตรโมเลกุลของธาตุหรือสารประกอบที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน และให้บอกจำนวนโมล และมวลของตัวอย่างที่กล่าวถึง	
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) - ครูตั้งคำถามที่ 1 ถ้าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 โมล มีมวลเท่ากับกี่กรัม - คำถามที่ 2 ถ้าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีมวลเท่ากับ 20 กรัม มีจำนวนโมลเท่าใด - คำถามที่ 3 ถ้าแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 0.5 โมล มีปริมตรเท่ากับกี่ลิตรที่ STP - คำถามที่ 4 ถ้าแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) มีปริมาตรเท่ากับ 25 ลิตร มีจำนวนโมลเท่าใด		
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) - แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 5-6 คน - ให้นักเรียนทำกิจกรรมลูกบาศก์สัมพันธ์ เพื่อคำนวณปริมาณสารจากความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.6 เรื่อง ลูกบาศก์สัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส	- ให้นักเรียนทำกิจกรรมลูกบาศก์สัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส  	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.6 เรื่อง ลูกบาศก์สัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

ขั้นตอน 7E	กิจกรรม	เสริมแบบฝึก
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างคำอธิบายคำตอบที่สงสัยจากคำถามขั้นสร้างความสนใจ และอธิบายการหาปริมาณของสารเป็นโมล โดยการนำเสนอหน้าชั้นเรียน - คำถามที่ 1 ถ้าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 โมล มีมวลเท่ากับกี่กรัม - คำถามที่ 2 ถ้าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีมวลเท่ากับ 20 กรัม มีจำนวนโมลเท่าใด - คำถามที่ 3 ถ้าแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 0.5 โมล มีปริมตรเท่ากับกี่ลิตรที่ STP - คำถามที่ 4 ถ้าแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) มีปริมาตรเท่ากับ 25 ลิตร มีจำนวนโมลเท่าใด - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำชุดฝึกการคำนวณที่ 2.7 เรื่อง การคำนวณหาจำนวนโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส	- ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายคำตอบที่สงสัยจากคำถามที่ 1-4	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.7 เรื่อง การคำนวณหาจำนวนโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) - ครูอธิบายเพิ่มเติม ความหมายของความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีหรือโมลาร์ เป็นการบอกปริมาณตัวละลายเป็นจำนวนโมลในสารละลายปริมาตร 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ 1 ลิตร เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หมายความว่า สารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 0.5 โมล - ความหมายของความเข้มเข้มข้นในหน่วยโมแลลิตีหรือโมแลล หน่วยความเข้มข้นเป็นโมแลลิตี เป็นการบอกปริมาณตัวละลายเป็นจำนวนโมลในตัวทำละลาย 1,000 กรัม หรือ 1 กิโลกรัม เช่น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม หมายความว่า สารละลาย 1 กิโลกรัม มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 2 โมล - ความหมายของความเข้มข้นเป็นเศษส่วนโมล หมายถึง อัตราส่วนจำนวนโมลของสารชนิดหนึ่งต่อจำนวนโมลรวมของสารองค์ประกอบทุกชนิดในสารละลาย ใช้สัญลักษณ์ X เช่น เมื่อนำโซเดียมคลอไรด์ละลายในน้ำจะได้สารละลายประกอบด้วยสาร โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 1 โมล และน้ำ (H_2O) 1 โมล จะได้เศษส่วนโมลของสาร NaCl 1 โมล และ H_2O 1 โมล ดังนี้ เศษส่วนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (X_{NaCl}) = 1/(1+1)	- ครูแสดงวิธีการคำนวณให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง 1 ตัวอย่าง อย่างละเอียด - ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณจากคำถามที่ 2-4 อย่างละเอียด - โดยใช้คำถามจากชุดฝึกการคำนวณที่ 2.9 เรื่อง การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี หรือโมลาร์ โมแลลิตีหรือโมแลล และเศษส่วนโมล	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.8 เรื่อง ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล - ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.9 เรื่อง การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

ขั้นตอน 7E	กิจกรรม	เสริมแบบฝึก
เศษส่วนโมลของน้ำ (X_{H_2O}) = 1/(1+1) - ครูให้นักเรียนทำชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.8 เรื่อง ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล - ครูให้นักเรียนทำชุดฝึกการคำนวณที่ 2.9 เรื่อง การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล		
6. ขั้นประเมินผล (Evaluate) - ให้นักเรียนจับคู่แก้โจทย์ปัญหาที่ครูกำหนดให้แล้วสลับกันตรวจสอบคำตอบและวิธีคิดจากเฉลยที่ครูเตรียมไว้ให้ - ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลสิ่งที่ได้เรียนรู้ในชุดฝึกกิจกรรมและชุดฝึกการคำนวณประจำบทเรียนนี้	- ให้นักเรียนจับคู่สลับกันตรวจสอบคำตอบและวิธีคิดจากเฉลยที่ครูเตรียมไว้ให้	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.10 เรื่อง ตรวจสอบคำตอบการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล
7. ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extend) - ให้นักเรียนทำชุดฝึกการคำนวณที่ 2.11 เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล		- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.11 เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.6 และ 2.8
2. ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.7 , 2.9 , 2.10 และ 2.11
3. ห้องสมุด/ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์/https://youtu.be/lie0puMmNFc

การวัดและประเมินผล

รายการวัดผลประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์ผ่าน
1. ครูให้คะแนนจิตวิทยาศาสตร์ด้านความละเอียดรอบคอบ จากการทำชุดฝึกการคำนวณ	1. ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.10	1. การปฏิบัติกิจกรรมชุดฝึกการคำนวณ ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75
2. ครูให้คะแนนทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล จากการทำชุดฝึกกิจกรรม	2. ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.6 และ 2.8	2. การปฏิบัติชุดฝึกกิจกรรม ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75
3. ครูให้คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป จากการทำชุดฝึกการคำนวณ	3. ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.7 , 2.9 และ 2.11	3. การปฏิบัติกิจกรรมชุดฝึกการคำนวณ ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

รหัสวิชา ว30222 ชื่อรายวิชา เคมีเพิ่มเติม 2 กลุ่มสาระการเรียนเรียนรู้ วิทยาศาสตร์
โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 เวลา 6 ชั่วโมง
สาระที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย
หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

ผู้สอน นางสาววิไล ชาปู่

มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

2. อธิบายวิธีการและเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด

สาระสำคัญ

ในการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นถูกต้อง จะต้องชั่งมวลและวัดปริมาตรของสารอย่างละเอียด เพื่อให้ได้ค่าถูกต้องที่สุด เครื่องชั่งควรเป็นเครื่องชั่งที่สามารถอ่านค่าได้ละเอียดถึง 0.0001 กรัม การวัดปริมาตรต้องใช้ขวดวัดปริมาตร ปิเปตต์ และกระบอกตวง ในการปรับปริมาตร ไม่ควรเติมน้ำกลั่นเพียงครั้งเดียวให้ถึงขีดบอกปริมาตรของขวดกำหนดปริมาตร เพราะจะทำให้ที่ว่างในขวดเหลือน้อย ไม่สะดวกในการเขย่าสาร และไม่ควรปรับปริมาตรเกินขีดบอกปริมาตร เนื่องจากจะไม่สามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายที่ถูกต้องได้ การเตรียมสาระละลายทำได้โดยการนำของแข็งบริสุทธิ์มาละลายในตัวทำละลาย หรือการนำสารละลายที่มีอยู่แล้วมาทำให้เจือจางลงในหน่วยโมลาริตี (mol/dm^3) การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามที่กำหนด มีขั้นตอนการเตรียมดังนี้ ขั้นที่ 1) การคำนวณกรณีเตรียมสารละลายจากของแข็งบริสุทธิ์ ให้คำนวณหามวลโมเลกุล จำนวนโมล และมวลของตัวละลายที่ต้องการ โดยใช้สูตร

$$\frac{\text{ตัวละลาย } C\ (mol)}{\text{สารละลาย } 1000\ cm^3} = \frac{\text{ตัวละลาย } n\ (mol)}{\text{สารละลาย } V\ cm^3} \text{ หรือ } n = \frac{CV}{1000}$$

คำนวณหามวลของตัวละลายโดยใช้สูตร

$$\text{มวล} = \text{จำนวนโมล} \times \text{มวลโมเลกุล}$$

กรณีเตรียมสารละลายจากสารละลาย ให้คำนวณหาปริมาตรสารละลายเดิมที่ต้องการใช้ในการเตรียมสารละลายใหม่ โดยใช้สูตร

จำนวนโมลของตัวละลายในปริมาตรสารละลายเดิม = จำนวนโมลของตัวละลายในปริมาตรสารละลายใหม่

$$\text{หรือ} \quad \frac{C_1V_1}{1000} = \frac{C_2V_2}{1000} \quad \text{หรือ} \quad C_1V_1 = C_2V_2$$

ขั้นที่ 2) ชั่งหรือตวงสารตามที่คำนวณได้ในขั้นที่ 1 ขั้นที่ 3) ละลายตัวละลายในบีกเกอร์ที่มีน้ำจำนวนหนึ่ง แล้วเทสารละลายใส่ในขวดวัดปริมาตร โดยเลือกใช้ขนาดขวดวัดปริมาตรตามปริมาตรที่ต้องการ ขั้นที่ 4) เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตร เขย่าให้สารละลายรวมกันและเติมน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตรปิดจุดแล้วคว่ำขวดขึ้น-ลง ให้สารละลายรวมเป็นเนื้อเดียวกัน ขั้นที่ 5) รินสารใส่ในภาชนะที่บรรจุ ติดป้ายชื่อสารละลาย ความเข้มข้น และวันเดือนปีที่เตรียม

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ระบุข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือและการดำเนินการในขั้นตอนของการปฏิบัติการเตรียมสารละลาย
2. บอกขั้นตอนการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลารีตีตามที่กำหนดได้
3. คำนวณหาปริมาณสารในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากของแข็งบริสุทธิ์ได้
4. ปฏิบัติการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากของแข็งบริสุทธิ์ได้
5. คำนวณหาปริมาณสารในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากสารละลายได้
6. ปฏิบัติการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากสารละลายได้
7. ตรวจสอบคำตอบและวิธีการคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการร่วมกับผู้อื่นได้

สาระการเรียนรู้แกนกลาง

การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรตามที่กำหนดทำได้โดยการละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ในตัวทำละลาย หรือนำสารละลายที่มีความเข้มข้นมาเจือจางด้วยตัวทำละลาย โดยปริมาณของสารที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายที่ต้องการ

กระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E)

ขั้นตอน 7E	กิจกรรม	เสริมแบบฝึก
1. ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit) - ครูทบทวนความรู้เรื่องความเข้มข้นของสารละลาย จากนั้นให้นักเรียนยกตัวอย่างสารละลายที่ทำขึ้นเองและนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน	- ให้นักเรียนบอกวิธีการเตรียมสารละลายใดๆในชีวิตประจำวัน	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.12 เรื่อง การเตรียมสารละลายในชีวิตประจำวัน
2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) - ครูนำตัวอย่างรูปภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย แล้วให้นักเรียนบอกชื่ออุปกรณ์และวิธีการใช้ในการเตรียมสารละลาย - ครูตั้งคำถาม ถ้านักเรียนมีปัญหาไปถอนฟันมาแล้วหมอให้บ้วนปากด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ที่บ้านไม่มีน้ำเกลือนี้ มีแต่เกลือเม็ด นักเรียนจะทำอย่างไร - ให้นักเรียนทำชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.13 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	- ให้นักเรียนเสนอวิธีแก้ปัญหาบนกระดานและเขียนวิธีการปฏิบัติที่คิดว่าถูกต้องลงในชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.13 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.13 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)
3. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) - ครูทบทวนเทคนิคและวิธีการใช้อุปกรณ์ในการเตรียมสารละลาย - ครูอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และการเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น	- ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มละ 5-6 คน ลงมือปฏิบัติการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ให้มีความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ ปริมาตร 100 ลูกบาศก์	- ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ 2.14 เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และเตรียมสารละลายเจือ

ขั้นตอน 7E	กิจกรรม	เสริมแบบฝึก
- ครูสาธิตวิธีการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ให้มีความเข้มข้น 0.4 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยการชั่งโซเดียมคลอไรด์ 2.338 กรัม แล้วละลายด้วยน้ำกลั่นในบีกเกอร์ เทสารใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ชะบีกและแท่งแก้วคนด้วยน้ำกลั่น แล้วเทใส่ขวดวัดปริมาตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ท้องน้ำอยู่ระดับขีดบอกปริมาตร ปิดจุกแล้วคว่ำขวดขึ้น-ลง จนสารผสมเป็นเนื้อเดียวกัน - ครูสาธิตวิธีการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.04 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยเจือจางจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร โดยใช้ปิเปตต์ขนาด 10 มิลลิลิตร ดูดสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร แล้วถ่ายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นลงในขวดวัดปริมาตรจนท้องน้ำอยู่ระดับขีดบอกปริมาตร ปิดจุกแล้วคว่ำขวดขึ้น-ลง จนสารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน - จากนั้นครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นถูกต้อง จะต้องชั่งมวลและวัดปริมาตรของสารอย่างละเอียดเพื่อให้ได้ค่าถูกต้องที่สุด ในการปรับปริมาตร ไม่ควรเติมน้ำกลั่นเพียงครั้งเดียวให้ถึงขีดบอกปริมาตรของขวดกำหนดปริมาตร เพราะจะทำให้ที่ว่างในขวดเหลือน้อย ไม่สะดวกในการเขย่าสาร และไม่ควรปรับปริมาตรเกินขีดบอกปริมาตร เนื่องจากจะไม่สามารถคำนวณความเข้มข้นของสารละลายที่ถูกต้องได้ - แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มละ 5-6 คน - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ 2.14 เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น	เซนติเมตร และเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ให้มีความเข้มข้น 0.04 โมลาร์ ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเจือจางจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 โมลาร์ แล้วเขียนแผนผังขั้นตอนการเตรียม	จางจากสารละลายเข้มข้น
4. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) - ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเปรียบเทียบคำตอบของตัวเองในชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.13 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียม	- ให้นักเรียนเปรียบเทียบคำตอบของตัวเองในชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.13 เรื่อง การเขียน	- ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.15 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียม

ขั้นตอน 7E	กิจกรรม	เสริมแบบฝึก
สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) บอกสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และการแก้ไข แล้วบันทึกข้อมูลลงในชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.15 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ถูกต้อง ข้อที่ 1 ก่อนปฏิบัติตามชุดฝึกกิจกรรม ข้อที่ 2 แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน - ครูตั้งคำถาม ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ให้มีความเข้มข้น 0.2 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร นักเรียนจะทำอย่างไร - ครูตั้งคำถาม ถ้าปรับปริมาตรเกินขีดบอกปริมาตรจะมีผลต่อความเข้มข้นของสารละลายอย่างไร - ครูให้นักเรียนทำชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.15 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ถูกต้อง	แผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) บอกสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และการแก้ไข แล้วบันทึกข้อมูลลงในชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.15 เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ถูกต้อง ข้อที่ 1 ก่อนปฏิบัติตามชุดฝึกกิจกรรม ข้อที่ 2 แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน	สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ถูกต้อง
5. ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) - ครูใช้คำถามนำว่า ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ไม่มีผลึกโซเดียมคลอไรด์อยู่ มีแต่สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 2 โมลาร์ อยู่จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะมีวิธีการทำอย่างไร และต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง โดยระบุชื่อและวาดรูปบรรยาย - ครูอธิบายเพิ่มเติม สามารถคำนวณโดยการเทียบบัญญัติไตรยางค์ - ให้นักเรียนทำชุดฝึกการคำนวณที่ 2.16 เรื่อง การคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ	- ให้นักเรียนแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณสารตามความเข้มข้นที่ต้องการโดยวิธีการเทียบบัญญัติไตรยางค์	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.16 เรื่อง การคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ
6. ขั้นประเมินผล (Evaluate) - ให้นักเรียนจับคู่แก้โจทย์ปัญหาที่ครูกำหนดให้แล้วสลับกันตรวจสอบคำตอบและวิธีคิดจากเฉลยที่ครูเตรียมไว้ให้ - ให้นักเรียนบันทึกข้อมูลสิ่งที่ได้เรียนรู้ในชุดฝึกกิจกรรมและชุดฝึกการคำนวณประจำบทเรียนนี้	- ให้นักเรียนจับคู่สลับกันตรวจสอบคำตอบและวิธีคิดจากเฉลยที่ครูเตรียมไว้ให้	- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.17 เรื่อง ตรวจสอบคำตอบการคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ

ขั้นตอน 7E	กิจกรรม	เสริมแบบฝึก
7. ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extend) - ให้นักเรียนทำชุดฝึกการคำนวณที่ 2.18 เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ		- ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.18 เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.12 , 2.13 และ 2.15
2. ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ 2.14
3. ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.16 , 2.17 และ 2.18
4. ห้องสมุด/ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์/ https://youtu.be/ovdA0OpvT4A และ https://youtu.be/b5ICKJpuJaQ

การวัดและประเมินผล

รายการวัดผลประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์ผ่าน
1. ครูให้คะแนนจิตวิทยาศาสตร์ด้านความละเอียดรอบคอบ จากการทำชุดฝึกกิจกรรม	1. ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.12 , 2.13 และ 2.15	1. การปฏิบัติกิจกรรมชุดฝึกกิจกรรม ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75
2. ครูให้คะแนนทักษะการใช้เครื่องมืออุปกรณ์และสารเคมีจากการทำชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง	2. ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ 2.14	2. การปฏิบัติกิจกรรมชุดฝึกปฏิบัติการทดลอง ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75
3. ครูให้คะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุปจากการทำชุดฝึกการคำนวณ	3. ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.16 , 2.17 และ 2.18	3. ชุดฝึกการคำนวณ ได้คะแนนไม่น้อยกว่าร้อยละ 75

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย

ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.6

เรื่อง ลูกบาศก์สัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊ส

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย (ต่อ)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

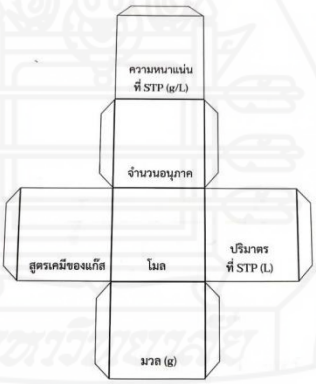
1. บอกความหมายของสารปริมาณ 1 โมลได้
2. คำนวณหาปริมาณสารจากความสัมพันธ์ระหว่างโมล มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP ได้

วัสดุอุปกรณ์

1. กระดาษการ์ดขาว ขนาด A4 จำนวน 4 แผ่น
2. ปากกาเมจิก
3. กรรไกร
4. กาว
5. ไม้บรรทัด 1 อัน
6. ดินสอพร้อมยางลบ 1 แท่ง

วิธีดำเนินกิจกรรม

1. แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5-6 คน
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มวาดแบบลูกบาศก์ ขนาดความกว้าง 5×5 ซม. ลงบนกระดาษการ์ด A4 แล้วตัดกระดาษการ์ดแข็งตามแบบ จำนวน 4 ลูกบาศก์ และเขียนข้อความปริมาณสารในแต่ละหน้าของลูกบาศก์ ดังรูป



3. ระบุสูตรเคมีของสารละลายและแก๊ส ระบุจำนวนโมล จากคำถามท้ายกิจกรรมข้อที่ 1-4 แล้วใส่จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรที่ STP ที่ได้จากการคำนวณ โดยเว้นการเติมข้อมูลความหนาแน่นที่ STP
4. แลกลูกบาศก์กับเพื่อนต่างกลุ่ม เพื่อเติมข้อมูลความหนาแน่นที่ STP จากนั้นเฉลยร่วมกัน
5. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 โมล มีมวลเท่ากับกี่กรัม

   ตอบ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมล มีมวลเท่ากับ ..... กรัม

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีมวลเท่ากับ 20 กรัม มีจำนวนโมลเท่าใด

   ตอบ สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีมวลเท่ากับ 20 กรัม มีจำนวนโมลเท่ากับ .....โมล

3. แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 0.5 โมล มีปริมาตรเท่ากับกี่ลิตรที่ STP

   ตอบ แก๊สแอมโมเนีย 0.5 โมล มีปริมาตรเท่ากับ ..... ลิตรที่ STP

4. แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) มีปริมาตรเท่ากับ 25 ลิตร มีจำนวนโมลเท่าใด

   ตอบ แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) มีปริมาตรเท่ากับ 25 ลิตร มีจำนวนโมลเท่ากับ..... โมล

ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.7

เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย (ต่อ)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. คำนวณหาจำนวนโมล มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP ได้

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการคำนวณหามวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP จากโจทย์ที่กำหนดให้

1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 2 โมล มีมวลเท่ากับกี่กรัม

   วิธีทำ หามวลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

   โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน ..... mol มีมวลเท่ากับ ..... g

   ถ้าโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน ..... mol มีมวลเท่ากับ ..... g

   = ... g

   ดังนั้น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 โมล มีมวลเท่ากับ ..... กรัม

2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) มีมวลเท่ากับ 20 กรัม มีจำนวนโมลเท่าใด

   วิธีทำ หามวลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

   โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน ..... g มีจำนวนโมลเท่ากับ ..... mol

   ถ้าโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน ..... g มีจำนวนโมลเท่ากับ .....mol

   = ...mol

   ดังนั้น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 20 กรัม มีจำนวนโมลเท่ากับ ..... โมล

3. แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 0.5 โมล มีปริมาตรเท่ากับกี่ลิตรที่ STP

   วิธีทำ หาปริมาตรของแก๊สแอมโมเนีย (NH_3)

   แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) จำนวน ..... mol มีปริมาตรเท่ากับ ..... L ที่ STP

   ถ้าแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) จำนวน ..... mol มีปริมาตรเท่ากับ ..... L ที่ STP

   = ... L ที่ STP

   ดังนั้น แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 0.5 โมล มีปริมาตรเท่ากับ ..... ลิตร ที่ STP

4. แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) มีปริมาตรเท่ากับ 25 ลิตร มีจำนวนโมลเท่าใด

   วิธีทำ หาจำนวนโมลของแก๊สแอมโมเนีย (NH_3)

   แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ปริมาตร ..... L ที่ STP มีจำนวนโมลเท่ากับ ..... mol

   ถ้าแก๊สแอมโมเนีย (NH_3) ปริมาตร ..... L ที่ STP มีจำนวนโมลเท่ากับ .....mol

   = ...mol

   ดังนั้น แก๊สแอมโมเนีย (NH_3) 25 ลิตร มีจำนวนโมลเท่ากับ ..... โมล

ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.8

เรื่อง ความหมายของความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย (ต่อ)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้
2. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้
3. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้
4. จำแนกประเภทหน่วยความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาจำนวนโมลของตัวละลายในสารละลายได้

คำชี้แจง จงอธิบายความหมายของความเข้มข้นของสาระลายจากโจทย์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 1 สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หมายความว่าอย่างไร

.....

.....

.....

ข้อที่ 2 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร หมายความว่าอย่างไร

.....

.....

.....

ข้อที่ 3 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2.0 โมลต่อกิโลกรัม หมายความว่าอย่างไร

.....

.....

.....

ข้อที่ 4 เมื่อนำโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ละลายในน้ำ จะได้สารละลายประกอบด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 1 โมล และน้ำ (H_2O) 1 โมล เศษส่วนโมลของโซเดียมคลอไรด์ และเศษส่วนโมลของน้ำหมายความว่าอย่างไร

.....

.....

.....

.....

ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.9

เรื่อง การคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย (ต่อ)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้
2. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้
3. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายจากโจทย์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 1 สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 1.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีโพแทสเซียมคลอไรด์ละลายอยู่กี่กรัม (กำหนดให้ K = 39 , Cl = 35)

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลของโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ปริมาตร ..... dm^3 มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ปริมาตร ..... dm^3 มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

=..... mol

ดังนั้น สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 1.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีโพแทสเซียมละลายอยู่จำนวน.....โมล

2. เปลี่ยนโมลของโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เป็นมวลในหน่วยกรัม

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จำนวน ..... mol มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ ..... g

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จำนวน ..... mol มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ ..... g

=..... g

ดังนั้น สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 1.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีโพแทสเซียมละลายอยู่.....กรัม

ข้อที่ 2 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จำนวน 2.5 ลิตร มีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่กี่กรัม

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร ..... L มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร ..... L มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

=..... mol

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จำนวน 2.5 ลิตร มีโซเดียมคลอไรด์อยู่จำนวน.....โมล

2. เปลี่ยนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นมวลในหน่วยกรัม

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน ..... mol มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... g

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จำนวน ..... mol มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... g

=..... g

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จำนวน 2.5 ลิตร จะมีโซเดียมคลอไรด์อยู่.....กรัม

ข้อที่ 3 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2.0 โมลต่อกิโลกรัม จำนวน 2.5 กิโลกรัม มีโซเดียมคลอไรด์อยู่กี่กิโลกรัม

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน ..... kg มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน ..... kg มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

=..... mol

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 2.0 โมลต่อกิโลกรัม จำนวน 2.5 กิโลกรัม จะมีโซเดียมคลอไรด์อยู่จำนวน.....โมล

2. เปลี่ยนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นมวลในหน่วยกิโลกรัม

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน ..... mol มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... kg

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จำนวน ..... mol มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... kg

=..... kg

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 2.0 โมลต่อกิโลกรัม จำนวน 2.5 กิโลกรัม จะมีโซเดียมคลอไรด์อยู่.....กิโลกรัม

ข้อที่ 4 เมื่อนำโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ละลายในน้ำ จะได้สารละลายประกอบด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 1 โมล และน้ำ (H_2O) 1 โมล เศษส่วนโมลของโซเดียมคลอไรด์ และเศษส่วนโมลของน้ำมีค่าเท่าใด

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลรวมของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ประกอบด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ 1 โมล และน้ำ 1 โมล จะได้ว่า

จำนวนโมลรวมของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ = ... mol = ... mol

เศษส่วนโมลของโซเดียมคลอไรด์ = ... mol = ... mol

เศษส่วนโมลของน้ำ = ... mol = ... mol

ดังนั้น เศษส่วนโมลของโซเดียมคลอไรด์ และเศษส่วนโมลของน้ำ มีค่าเท่ากับ ..... และ ..... ตามลำดับ

ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.10

เรื่อง ตรวจสอบคำตอบการคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย (ต่อ)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ตรวจสอบคำตอบและวิธีการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมลได้

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายจากโจทย์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 1 สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 1.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีโพแทสเซียมคลอไรด์ละลายอยู่กี่กรัม (กำหนดให้ K = 39 , Cl = 35)

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลของโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl)

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ปริมาตร 1 dm^3 มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ 1 mol

ถ้าสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) ปริมาตร 1.5 dm^3 มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ $\frac{1}{1} \times 1.5$ mol

= 1.5 mol

ดังนั้น สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 1.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีโพแทสเซียมละลายอยู่จำนวน 1.5 โมล

2. เปลี่ยนโมลของโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) เป็นมวลในหน่วยกรัม

สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จำนวน 1 mol มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ 74 g

ถ้าสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จำนวน 1.5 mol มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ $\frac{74}{1} \times 1.5$ g

= 111 g

ดังนั้น สารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 1.5 ลูกบาศก์เดซิเมตร จะมีโพแทสเซียมละลายอยู่ 111 กรัม

ข้อที่ 2 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จำนวน 2.5 ลิตร มีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่กี่กรัม (กำหนดให้ Na = 23 , Cl = 35)

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร 1 L มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 0.5 mol

ถ้าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร 2 L มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ $\frac{0.5}{1} \times 2.5$ mol

= 1.25 mol

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จำนวน 2.5 ลิตร มีโซเดียมคลอไรด์อยู่จำนวน 1.25 โมล

2. เปลี่ยนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นมวลในหน่วยกรัม

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน 1 mol มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 58 g

ถ้าสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จำนวน 1.25 mol มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ $\frac{58}{1} \times 1.25$ g

= 72.5 g

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร จำนวน 2.5 ลิตร จะมีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 72.5 กรัม

ข้อที่ 3 สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2.0 โมลต่อกิโลกรัม จำนวน 2.5 กิโลกรัม มีโซเดียมคลอไรด์อยู่กี่กิโลกรัม

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน 1 kg มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 2 mol

ถ้าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน 2.5 kg มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ $\frac{2}{1} \times 2.5$ mol

= 5 mol

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 2.0 โมลต่อกิโลกรัม จำนวน 2.5 กิโลกรัม จะมีโซเดียมคลอไรด์อยู่จำนวน 5 โมล

2. เปลี่ยนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เป็นมวลในหน่วยกิโลกรัม

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน 2 mol มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 1 kg

ถ้าสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) จำนวน 5 mol มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ $\frac{1}{2} \times 5$ kg

= 2.5 kg

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 2.0 โมลต่อกิโลกรัม จำนวน 2.5 กิโลกรัม จะมีโซเดียมคลอไรด์อยู่ 2.5 กิโลกรัม

ข้อที่ 4 เมื่อนำโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ละลายในน้ำ จะได้สารละลายประกอบด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 1 โมล และน้ำ (H_2O) 1 โมล เศษส่วนโมลของโซเดียมคลอไรด์ และเศษส่วนโมลของน้ำมีค่าเท่าใด

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลรวมของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ประกอบด้วยสารโซเดียมคลอไรด์ 1 โมล และน้ำ 1 โมล จะได้ว่า

จำนวนโมลรวมของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ = 1 mol + 1 mol = 2 mol

เศษส่วนโมลของโซเดียมคลอไรด์ $= \frac{1\ mol}{1mol+1mol}$ = 0.5 mol

เศษส่วนโมลของน้ำ $= \frac{1\ mol}{1mol+1mol}$ = 0.5 mol

ดังนั้น เศษส่วนโมลของโซเดียมคลอไรด์ และเศษส่วนโมลของน้ำ มีค่าเท่ากับ 0.5 และ 0.5 ตามลำดับ

ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.11

เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extend) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย (ต่อ)

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้
2. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้
3. คำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายจากโจทย์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 1 เมื่อนำสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน 10 กรัม ละลายในน้ำจนสารละลายมีปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีความเข้มข้นกี่โมลาร์ (กำหนดให้ Na = 23 , O = 16 และ H = 1)

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน .....g มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

ถ้าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน .....g มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

=.....mol

ดังนั้น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จำนวน 10 กรัม จะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่จำนวน.....โมล

2. หาปริมาตรของสารในหน่วยลูกบาศก์เดซิเมตร

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร .....cm^3 มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ .....dm^3

ถ้าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร .....cm^3 มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ .....dm^3

= ..... dm^3

ดังนั้น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร 200 cm^3 มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ .....dm^3

3. หาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ในหน่วยโมลาริตีหรือโมลาร์

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร ..... dm^3 มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

ถ้าสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ปริมาตร ..... dm^3 มีโพแทสเซียมคลอไรด์อยู่ ..... mol/dm^3

=.....mol/dm^3

ดังนั้น สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น ..... โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร หรือ .....โมลาร์

ข้อที่ 2 เมื่อนำสารโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 25 กรัม ละลายในน้ำ (H_2O) 300 กรัม จะมีความเข้มข้นกี่โมแลล (กำหนดให้ Na = 23 , Cl = 35)

วิธีทำ 1. หาจำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน .....g มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

ถ้าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน .....g มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

=.....mol

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ จำนวน 25 กรัม จะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่จำนวน.....โมล

2. หาปริมาณของสารในหน่วยกิโลกรัม

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาณ .....g มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ .....kg

ถ้าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาณ .....g มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ .....kg

= .....kg

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ จำนวน 25 กรัม จะมีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่.....กิโลกรัม

3. หาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ในหน่วยโมแลลิตี หรือโมแลล

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ ..... kg มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... mol

ถ้าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ ปริมาณ ..... kg มีโซเดียมคลอไรด์อยู่ ..... mol/kg

=.....mol/kg

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น ..... โมลต่อกิโลกรัม หรือ .....โมแลล

ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.12

เรื่อง การเตรียมสารละลายในชีวิตประจำวัน

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นทบทวนความรู้เดิม (Elicit) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. บอกวิธีการเตรียมสารละลายในชีวิตประจำวันได้
2. ระบุข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือและการดำเนินการในขั้นตอนการเตรียมสารละลายได้

วิธีดำเนินกิจกรรม

1. แบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 5-6 คน
2. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มบอกชื่อสารละลายที่ทำขึ้นเองและนำมาใช้ในชีวิตประจำวัน
3. ระบุชื่อสารละลายที่ทำขึ้นเองและนำมาใช้ในชีวิตประจำวันลงในกระดาษ A4
4. เขียนแผนผังขั้นตอนการเตรียมสารละลายที่ระบุใน ข้อ 3
5. ตอบคำถามท้ายกิจกรรม

คำถามท้ายกิจกรรม

1. สารละลายที่เตรียมขึ้นเองนั้นมีองค์ประกอบใดบ้าง

   .....

   .....

2. สารละลายที่เตรียมขึ้นเองนั้นสารใดเป็นตัวละลายและสารใดเป็นตัวทำละลาย

   ตัวละลาย คือ .....

   ตัวทำละลาย คือ .....

3. เครื่องมือ-อุปกรณ์ วัตถุดิบ สารเคมี ที่ใช้ในการเตรียมสารละลายได้แก่อะไรบ้าง

   เครื่องมือ-อุปกรณ์ ที่ใช้ได้แก่.....

   .....

   วัตถุดิบ ที่ใช้ได้แก่ .....

   สารเคมี ที่ใช้ได้แก่ .....

4. ข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือและการดำเนินการในขั้นตอนการเตรียมสารละลายได้แก่อะไรบ้าง

   .....

   .....

5. สารละลายที่เตรียมขึ้นเองนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันอย่างไร

   .....

   .....

ชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.13

เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นสร้างความสนใจ (Engage) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. บอกขั้นตอนการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีตามที่กำหนดได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่คิดว่าถูกต้อง

1. ถ้านักเรียนมีปัญหาไปถอนฟันมา แล้วหมอให้บ้วนปากด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ที่บ้านไม่มีน้ำเกลือนี้ มีแต่เกลือเม็ด นักเรียนจะทำอย่างไร

ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อควรระวังในการเตรียมสารละลาย.....

.....

.....

.....

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย (ระบุชื่อและวาดรูปบรรยาย) ได้แก่อะไรบ้าง.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชุดฝึกปฏิบัติการทดลองที่ 2.14

เรื่อง การเตรียมสารละลายจากสารบริสุทธิ์และเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายเข้มข้น

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นสำรวจและค้นหา (Explore) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. คำนวณหาปริมาณสารในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากของแข็งบริสุทธิ์ได้
2. ปฏิบัติการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากของแข็งบริสุทธิ์ได้
3. คำนวณหาปริมาณสารในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากสารละลายได้
4. ปฏิบัติการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากสารละลายได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการเตรียมสารละลายจากโจทย์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 1 จงเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ให้มีความเข้มข้น 0.4 โมลาร์ ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร และลงมือปฏิบัติการเตรียมสารละลายตามแผนผังขั้นตอนการเตรียมที่ระบุไว้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียม (ระบุชื่อและวาดรูปบรรยาย) ได้แก่.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อที่ 2 จงเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ให้มีความเข้มข้น 0.04 โมลาร์ ปริมาตร 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเจือจางจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 0.4 โมลาร์ และลงมือปฏิบัติการเตรียมสารละลายตามแผนผังขั้นตอนการเตรียมที่ระบุไว้

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียม (ระบุชื่อและวาดรูปบรรยาย) ได้แก่.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

แผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.15

เรื่อง การเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ถูกต้อง

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explain) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เขียนแผนผังแสดงขั้นตอนการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ถูกต้องได้

คำชี้แจง ให้นักเรียนเปรียบเทียบคำตอบของตัวเองในชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.13 บอกสิ่งที่ไม่ถูกต้อง และการแก้ไข แล้วบันทึกข้อมูลลงในชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.15 ข้อที่ 1 ให้ถูกต้อง ก่อนปฏิบัติตามชุดฝึกกิจกรรมที่ 2.15 ข้อที่ 2

1. ถ้านักเรียนมีปัญหาไปถอนฟันมา แล้วหมอให้บ้วนปากด้วยน้ำเกลือเข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ที่บ้านไม่มีน้ำเกลือนี้ มีแต่เกลือเม็ด นักเรียนจะทำอย่างไร

ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

ข้อควรระวังในการเตรียมสารละลาย.....
.....
.....
.....

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย (ระบุชื่อและวาดรูปบรรยาย) ได้แก่อะไรบ้าง.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

คำชี้แจง จงเขียนแผนผังแสดงขั้นตอนและข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่ถูกต้อง แล้วนำเสนอหน้าชั้นเรียน

2. ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ที่มีความเข้มข้น 0.2 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร นักเรียนจะทำอย่างไร และต้องใช้อุปกรณ์อะไรบ้าง โดยระบุชื่อและวาดรูปบรรยาย

ขั้นตอนการเตรียมสารละลาย.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อควรระวังในการเตรียมสารละลาย.....

.....

.....

.....

.....

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเตรียมสารละลาย (ระบุชื่อและวาดรูปบรรยาย) ได้แก่อะไรบ้าง.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.16

เรื่อง การคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นขยายความรู้ (Elaborate) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. คำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการได้

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณสารตามความเข้มข้นที่ต้องการจากโจทย์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 1 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเจือจางจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2 โมลาร์ ซึ่งมีอยู่จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องใช้ปริมาตรเท่าใด

วิธีทำ 1. หาปริมาตรของสารละลาย NaCl เข้มข้น 2 โมลาร์ ที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลาย NaCl เข้มข้น 1 โมลาร์

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น ..... mol/dm^3 ต้องใช้ปริมาตร ..... cm^3

ถ้าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น ..... mol/dm^3 ต้องใช้ปริมาตร ..... cm^3

= ..... cm^3

ดังนั้น ในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาตร ..... cm^3

ข้อที่ 2 ถ้าใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เจือจางที่มีปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายโซเดียมคลอไรด์เจือจางที่เตรียมได้มีความเข้มข้นกี่โมลาร์

วิธีทำ 1. หาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เจือจางที่เตรียมได้

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร ..... cm^3 มีความเข้มข้น ..... mol/dm^3

ถ้าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร ..... cm^3 มีความเข้มข้น ..... mol/dm^3

= ..... mol/dm^3

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์เจือจางที่เตรียมได้มีความเข้มข้น ..... โมลาร์

ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.17

เรื่อง ตรวจสอบคำตอบการคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นประเมินผล (Evaluate) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. ตรวจสอบคำตอบการคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการได้

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณสารตามความเข้มข้นที่ต้องการจากโจทย์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 1 ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร โดยเจือจางจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2 โมลาร์ ซึ่งมีอยู่จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องใช้ปริมาตรเท่าใด

วิธีทำ 1. หาปริมาตรของสารละลาย NaCl เข้มข้น 2 โมลาร์ ที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลาย NaCl เข้มข้น 1 โมลาร์

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2 mol/dm^3 ต้องใช้ปริมาตร 100 cm^3

ถ้าสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 1 mol/dm^3 ต้องใช้ปริมาตร $\frac{100}{2} \times 1$ cm^3

= 50 cm^3

ดังนั้น ในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 1 โมลาร์ จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ต้องใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาตร 50 cm^3

ข้อที่ 2 ถ้าใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 2 โมลาร์ ปริมาตร 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในการเตรียมสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เจือจางที่มีปริมาตร 200 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายโซเดียมคลอไรด์เจือจางที่เตรียมได้มีความเข้มข้นกี่โมลาร์

วิธีทำ 1. หาความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมคลอไรด์เจือจางที่เตรียมได้

สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร 200 cm^3 มีความเข้มข้น 2 mol/dm^3

ถ้าใช้สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ปริมาตร 50 cm^3 มีความเข้มข้น $\frac{2}{200} \times 50$ mol/dm^3

= 0.5 mol/dm^3

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์เจือจางที่เตรียมได้มีความเข้มข้น 0.5 โมลาร์

ชุดฝึกการคำนวณที่ 2.18

เรื่อง การนำความรู้ไปใช้ในการคำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการ

คำชี้แจง ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ (วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 7E) ขั้นประยุกต์ใช้ความรู้ (Extend) ของแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลาย

จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. คำนวณหาปริมาณของสารตามความเข้มข้นที่ต้องการได้

คำชี้แจง จงแสดงวิธีการคำนวณหาปริมาณสารตามความเข้มข้นที่ต้องการจากโจทย์ที่กำหนดให้

ข้อที่ 1 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์

วิธีทำ 1. การเตรียมสารละลายจากผลึกโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

1.1 คำนวณหาจำนวนโมลของสารโซเดียมไฮดรอกไซด์

สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร ..... cm^3 มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ..... mol

ถ้าสารโซเดียมไอดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร ..... cm^3 มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ..... mol

= ..... mol

ดังนั้น สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ..... โมล

1.2 คำนวณหามวลของสารโซเดียมไฮดรอกไซด์

สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน ..... mol มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ..... กรัม

ถ้าสารโซเดียมไอดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน ..... mol มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ..... กรัม

= ..... กรัม

ดังนั้น จากการคำนวณแสดงว่าต้องใช้สารโซเดียมไฮดรอกไซด์ ..... กรัม การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำได้โดยชั่งสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ ..... กรัม นำมาละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วเทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.1 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ข้อที่ 2 จงอธิบายวิธีการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.025 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 โมลาร์

วิธีทำ 1. การเตรียมสารละลายเจือจางจากสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.1 โมลาร์

1.1 คำนวณหาจำนวนโมลของสารโซเดียมไฮดรอกไซด์ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.025 โมลาร์

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร ..... cm^3 มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ..... mol

ถ้าสารละลายโซเดียมไอดรอกไซด์ (NaOH) ปริมาตร ..... cm^3 มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ .....mol

= ..... mol

ดังนั้น สารละลายที่ต้องการเตรียมมีโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ..... โมล

1.2 คำนวณหาปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ที่มีจำนวนโมลเท่ากับ.....โมล

สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน ..... mol มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ..... cm^3

ถ้าสารละลายโซเดียมไอดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน ..... mol มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ ..... cm^3

= ..... cm^3

ดังนั้น จากการคำนวณแสดงว่าต้องใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ปริมาตร ..... ลูกบาศก์เซนติเมตร การเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ทำได้โดยปิเปตต์สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ..... ลูกบาศก์เซนติเมตร เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จากนั้นเติมน้ำกลั่นจนสารละลายมีปริมาตร 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะได้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่มีความเข้มข้น 0.025 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ภาคผนวก ค

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

1

แบบประเมินทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
1. ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน (ppm) และส่วนในพันล้านส่วน (ppb)	1. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายในภาพรวมได้	1. ข้อใดบอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลาย ได้ถูกต้อง 1. ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวทำละลายที่ละลายในสารละลาย 2. ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวทำละลายที่ละลายในตัวละลาย 3. ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 4. ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นค่าที่แสดงปริมาณของตัวทำละลายที่ละลายในตัวทำละลาย
	2. จำแนกประเภทหน่วยความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาอัตราส่วนของตัวละลายในสารละลายได้	2. ข้อใดจำแนกประเภทหน่วยความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาอัตราส่วนของตัวละลายในสารละลาย ไม่ถูกต้อง 1. ร้อยละหรือส่วนในร้อยส่วน เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อร้อยส่วนของสารละลาย 2. ส่วนในล้านส่วน เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อล้านส่วน ของสารละลาย 3. ส่วนในพันล้านส่วน เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อพันล้านส่วนของสารละลาย 4. ร้อยละโดยมวล เป็นหน่วยบอกปริมาตรของตัวละลายในสารละลาย 100 หน่วยปริมาตรเดียวกัน
	3. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละได้	3. ข้อใดบอกความหมายของสารละลายกลูโคสเข้มข้น ร้อยละ 10 โดยมวล ได้ถูกต้อง 1. สารละลายกลูโคส 100 กรัม มีกลูโคสละลายอยู่ 10 กรัม และมีน้ำ 90 กรัม 2. สารละลายกลูโคส 100 กรัม มีกลูโคสละลายอยู่ 10 กรัม และมีน้ำ 100 กรัม 3. สารละลายกลูโคส 100 กรัม มีกลูโคสละลายอยู่ 10 กรัม และมีน้ำ 90 มิลลิลิตร 4. สารละลายกลูโคส 100 กรัม มีกลูโคสละลายอยู่ 10 กรัม และมีน้ำ 100 มิลลิลิตร
	4. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นร้อยละได้	***1. เมื่อละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) จำนวน 25 กรัม ในน้ำ(H_2O) 75 กรัม สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นร้อยละโดยมวลเป็นเท่าไร

2

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
		***2. เมื่อใส่เอทานอล (C_2H_5OH) 2 ลูกบาศก์เซนติเมตร ในน้ำ (H_2O) 25 ลูกบาศก์เซนติเมตร สารละลายที่ได้มีความเข้มข้นร้อยละเท่าไรโดยปริมาตร
	5. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายส่วนในล้านส่วนได้	4. ข้อใดบอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายส่วนในล้านส่วน ไม่ถูกต้อง 1. เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ล้าน (10^6) หน่วยปริมาตรเดียวกัน 2. เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ล้าน (10^6) หน่วยมวลเดียวกัน 3. เป็นหน่วยที่บอกปริมาตรของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ล้าน (10^6) หน่วยปริมาตรเดียวกัน 4. เป็นหน่วยที่บอกมวลหรือปริมาตรของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 ล้าน (10^6) หน่วยเดียวกัน
	6. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายส่วนในล้านส่วนได้	***3. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งตรวจพบว่าในน้ำทิ้ง 100 กรัม มีสารตะกั่ว (Pb) เจือปน 0.05 กรัม มีสารตะกั่ว (Pb) เจือปนอยู่ในน้ำทิ้งคิดเป็นกี่ส่วนในล้านส่วน

3

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
	7. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายส่วนในพันล้านส่วนได้	5. ข้อใดบอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายส่วนในพันล้านส่วน ไม่ถูกต้อง 1. เป็นหน่วยที่บอกมวลหรือปริมาตรของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 พันล้าน (10^9) หน่วยเดียวกัน 2. เป็นหน่วยที่บอกมวลของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 พันล้าน (10^9) หน่วยมวลเดียวกัน 3. เป็นหน่วยที่บอกปริมาตรของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 พันล้าน (10^9) หน่วยปริมาตรเดียวกัน 4. เป็นหน่วยที่บอกปริมาตรของตัวละลายที่ละลายอยู่ในสารละลาย 1 พันล้าน (10^9) หน่วยมวลเดียวกัน
	8. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายส่วนในพันล้านส่วนได้	***4. น้ำเสียสังเคราะห์ชนิดหนึ่งตรวจพบว่าในน้ำเสียสังเคราะห์ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโลหะหนักเจือปน 0.05 มิลโลหะหนักเจือปนในน้ำเสียสังเคราะห์คิดเป็นกี่ส่วนพันล้านส่วน
2. ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย โมลาริตี (M) โมแลลิตี (m) และเศษส่วนโมล (X)	1. บอกความหมายของสารปริมาณ 1 โมลได้	6. ข้อใดบอกความหมายของสารปริมาณ 1 โมล ไม่ถูกต้อง 1. สารปริมาณ 1 โมล มีจำนวน 6.02×10^{23} โมเลกุล 2. สารปริมาณ 1 โมล มีจำนวน 6.02×10^{23} อะตอม 3. สารปริมาณ 1 โมล มีจำนวน 6.02×10^{23} ไอออน 4. สารปริมาณ 1 โมล มีจำนวน 6.02×10^{23} กรัม
	2. จำแนกประเภทหน่วยความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาจำนวนโมลของตัวละลายในสารละลายได้	7. ข้อใดจำแนกประเภทหน่วยความเข้มข้นของสารละลายโดยพิจารณาจำนวนโมลของตัวละลายในสารละลาย ไม่ถูกต้อง 1. โมลาริตีหรือโมลาร์ เป็นหน่วยบอกจำนวนโมล (mol) ของตัวละลายในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร (dm3) 2. โมลาริตีหรือโมลาร์ เป็นหน่วยบอกจำนวนโมล (mol) ของตัวละลายในสารละลาย 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm3) 3. โมแลลิตีหรือโมแลล เป็นหน่วยบอกจำนวนโมล (mol) ของตัวละลายในสารละลาย 1 กิโลกรัม (kg)

4

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
		4. เศษส่วนโมล เป็นหน่วยบอกจำนวนโมลตัวละลายในจำนวนโมลรวมของสารทุกชนิดที่ละลายอยู่ด้วยกัน
	3. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้	8. ข้อใดบอกความหมายของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เข้มข้น 1 โมลาร์ ไม่ถูกต้อง 1. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ ละลายอยู่ 1 โมล 2. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ ละลายอยู่ 1 โมล 3. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 ลิตร มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ ละลายอยู่ 1 โมล 4. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 1 กิโลกรัม มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ ละลายอยู่ 1 โมล
	4. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมลาริตีได้	***5. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 1,500 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ละลายอยู่กี่กรัม

5

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
		***6. สารละลายซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) เข้มข้น 2.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ถ้ามีน้ำตาลซูโครสจำนวน 135 กรัม จะได้สารละลายน้ำตาลซูโครสมีปริมาตรเท่าไร
	5. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้	9. ข้อใดบอกความหมายของสารละลายโซเดียมคลอไรด์ เข้มข้น 0.5 โมแลล ได้ถูกต้อง 1. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 กรัม มีโซเดียมคลอไรด์ ละลายอยู่ 0.5 โมล 2. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 กิโลกรัม มีโซเดียมคลอไรด์ ละลายอยู่ 0.5 โมล 3. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร มีโซเดียมคลอไรด์ ละลายอยู่ 0.5 โมล 4. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร มีโซเดียมคลอไรด์ ละลายอยู่ 0.5 โมล

6

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
	6. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นโมแลลิตีได้	***7. สารละลายอิ่มตัวของไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) ในน้ำ (H_2O) ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส มีความเข้มข้นกี่โมแลล ถ้าแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ละลายได้ 0.75 กรัม ในน้ำ 100 กรัม ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความดัน 1 บรรยากาศ
		***8. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) มีความเข้มข้น 0.25 โมแลล และมีน้ำ (H_2O) ในสารละลาย 0.2 กิโลกรัม จำนวนโมลของโซเดียมคลอไรด์มีค่าเท่าไร

7

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
	7. บอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้	10. ข้อใดบอกความหมายของความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมล ได้ถูกต้อง 1. อัตราส่วนจำนวนโมลของสารนั้นกับจำนวนโมลรวม ของสารทั้งหมดในสารละลาย 2. จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 กิโลกรัม 3. จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 ลูกบาศก์เดซิเมตร 4. จำนวนโมลของตัวละลายที่ละลายในตัวทำละลาย 1 ลิตร
	8. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายเป็นเศษส่วนโมลได้	***9. สารละลายชนิดหนึ่งประกอบด้วยกลูโคส ($C_6H_{12}O_6$) 0.8 โมล ยูเรีย (NH_2CONH_2) 0.2 โมล และซูโครส ($C_{12}H_{22}O_{11}$) 1.0 โมล เศษส่วนโมลของกลูโคส ยูเรีย และซูโครสเป็นเท่าไร ตามลำดับ

8

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
		***10. สารละลายชนิดหนึ่งประกอบด้วยน้ำ (H_2O) 90 กรัม ยูเรีย (NH_2CONH_2) 120 กรัม เศษส่วนโมลของน้ำ เศษส่วนโมล ของยูเรีย และร้อยละโดยโมลของยูเรียมีค่าเท่าไร
3. การเตรียมสารละลาย	1. ระบุข้อควรระวังในการใช้เครื่องมือและการดำเนินการในขั้นตอนของการปฏิบัติการเตรียมสารละลาย	11. เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นที่แม่นยำ ข้อใดไม่ถูกต้อง 1. เครื่องชั่งที่มีความละเอียดสูง 2. ขวดวัดปริมาตร 3. ขวดรูปชมพู่ 4. ปิเปตต์ 12. ข้อควรระวังในการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้น ที่แม่นยำข้อใดไม่ถูกต้อง 1. ชั่งสารให้ได้มวลตามต้องการ 2. ละลายสารตัวอย่างในบีกเกอร์และตั้งทิ้งไว้จนสารละลายมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง 3. เติมน้ำกลั่นจนระดับสารละลายสูงกว่าขีดบอกปริมาตรเล็กน้อย 4. เติมน้ำกลั่นทีละน้อยจนถึงขีดบอกปริมาตร

9

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
	2. บอกขั้นตอนการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีตามที่กำหนดได้	13. ขั้นตอนการเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีหรือโมลาร์ ข้อใดไม่ถูกต้อง 1. ชั่งสารให้ได้มวลตามที่คำนวณได้ นำสารที่ชั่งมาเติมน้ำกลั่นลงไปในจำนวนพอที่จะละลายสารหมด คนให้สารละลายจนหมด 2. เทสารละลายใสในขวดวัดปริมาตร ชะบีกเกอร์และแท่งแก้วคนด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนระดับสารละลายต่ำกว่าขีดบอกปริมาตรเล็กน้อย จากนั้นเติมน้ำกลั่นทีละน้อยจนถึงขีดบอกปริมาตร ปิดจุกขวดแล้วกลับขวดขึ้นลงให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน 3. เทสารละลายใสในขวดวัดปริมาตร ชะบีกเกอร์และแท่งแก้วคนด้วยน้ำกลั่น เติมน้ำกลั่นจนระดับสารละลายเกินขีดบอกปริมาตรเล็กน้อย ปิดจุกขวดแล้วกลับขวดขึ้นลงให้สารละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน 4. เทสารละลายใส่ภาชนะเก็บสาร ปิดฝาขวดและปิดฉลาก บอกชื่อสาร สูตรของสาร ความเข้มข้น และวันที่เตรียม
	3. คำนวณหาปริมาณสารในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากของแข็งบริสุทธิ์ได้	14. ถ้าโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จำนวน 20 กรัม จะเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.0 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร ได้กี่ลูกบาศก์เซนติเมตร 1. 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2. 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร 3. 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร 4. 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร 15. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 0.25 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าต้องการทำให้เข้มข้นขึ้นเป็น 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จะต้องระเหยน้ำออกไปเท่าไร 1. 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2. 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร 3. 50 ลูกบาศก์เซนติเมตร 4. 500 ลูกบาศก์เซนติเมตร
	4. ปฏิบัติการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากของแข็งบริสุทธิ์ได้	16. ต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เข้มข้น 0.5 โมลต่อลูกบาศก์เดซิเมตร จำนวน 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร จะต้องทำอย่างไร 1. ต้องชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 0.125 กรัม ละลายในน้ำ ปรับปริมาตรเป็น 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร 2. ต้องชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 0.05 กรัม ละลาย ในน้ำ ปรับปริมาตรเป็น 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร 3. ต้องชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 2 กรัม ละลายในน้ำ ปรับปริมาตรเป็น 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร 4. ต้องชั่งโซเดียมไฮดรอกไซด์มา 5 กรัม ละลายในน้ำ ปรับปริมาตรเป็น 250 ลูกบาศก์เซนติเมตร

10

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
	5. คำนวณหาปริมาณสารในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากสารละลายได้	17. ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) ที่มีความเข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ต้องใช้โพแทสเซียมไอโอไดด์กี่กรัม (กำหนดให้ K=39 , I=127) 1. 2.15 กรัม 2. 2.50 กรัม 3. 4.15 กรัม 4. 4.50 กรัม 18. ถ้าใช้โพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) 0.79 กรัม ในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น 0.10 โมลต่อลิตร สารละลายที่ได้มีปริมาตรเท่าไร (กำหนดให้ K=39 และI=127) 1. 0.47 มิลลิลิตร 2. 4.75 มิลลิลิตร 3. 47.59 มิลลิลิตร 4. 475.9 มิลลิลิตร
	6. ปฏิบัติการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตีจากสารละลายได้	19. ถ้าต้องการเตรียมสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) เข้มข้น 0.05 โมลต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ (KI) เข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร จะต้องทำอย่างไร (กำหนดให้ K=39 , I=127) 1. ต้องใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ เข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร จำนวน 10 มิลลิลิตร และเติมน้ำอีก 90 มิลลิลิตร 2. ต้องใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ เข้มข้น 0.50 โมลต่อลิตร จำนวน 10 มิลลิลิตร และเติมน้ำอีก 100 มิลลิลิตร 3. ต้องใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ เข้มข้น 0.050 โมลต่อลิตร จำนวน 10 มิลลิลิตร และเติมน้ำอีก 90 มิลลิลิตร 4. ต้องใช้สารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ เข้มข้น 0.050 โมล ต่อลิตร จำนวน 10 มิลลิลิตร และเติมน้ำอีก 100 มิลลิลิตร

11

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
4. สมบัติบางประการของสารละลาย	1. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ได้	คำชี้แจง พิจารณาข้อมูลในตารางที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม ข้อ 20-22 สาร / ความเข้มข้น (mol/kg) / จุดเดือด (°C) / จุดเดือดที่เพิ่มขึ้น ΔT_b(°C) สาร A บริสุทธิ์ / - / 56.2 / - สารละลาย X ใน A / 1 / 57.91 / 1.71 สารละลาย X ใน A / 2 / 59.62 / 3.42 สารละลาย Y ใน A / 1 / 57.91 / 1.71 สารละลาย Y ใน A / 2 / 59.62 / 3.42 20. ข้อใดเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ ไม่ถูกต้อง 1. สาร A บริสุทธิ์ มีจุดเดือดต่ำกว่าสารละลาย X ใน A 2. สารละลาย X ใน A และสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้นเท่ากันจะมีจุดเดือดเท่ากัน 3. สารละลาย X ใน A และสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้นต่างกันจะมีจุดเดือดแตกต่างกัน 4. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดต่ำกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม
	2. เปรียบเทียบจุดเดือดของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกันได้	21. ข้อใดเปรียบเทียบจุดเดือดของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกัน ได้ถูกต้อง 1. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดต่ำกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม 2. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดต่ำกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม 3. สารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดต่ำกว่าสารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม 4. สารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดสูงกว่าสารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม 22. ข้อใดเปรียบเทียบจุดเดือดของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกัน ไม่ถูกต้อง 1. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดต่ำกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม 2. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดสูงกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม 3. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดต่ำกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม 4. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดสูงกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม

12

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
	3. เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ได้	คำชี้แจง พิจารณาข้อมูลในตารางที่กำหนดให้ แล้วตอบคำถาม ข้อ 23-25 สาร / ความเข้มข้น (mol/kg) / จุดเยือกแข็ง (°C) / จุดเดือดที่ลดลง ΔT_f(°C) สาร A บริสุทธิ์ / - / 5.49 / - สารละลาย X ใน A / 1 / 0.42 / 5.07 สารละลาย X ใน A / 2 / -4.65 / 10.14 สารละลาย Y ใน A / 1 / 0.42 / 5.07 สารละลาย Y ใน A / 2 / -4.65 / 10.14 23. ข้อใดเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ ได้ถูกต้อง 1. สาร A บริสุทธิ์ มีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าสารละลาย X ใน A 2. สารละลาย X ใน A และสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้นเท่ากันจะมีจุดเยือกแข็งแตกต่างกัน 3. สารละลาย X ใน A และสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้นต่างกันจะมีจุดเยือกแข็งเท่ากัน 4. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม
	4. เปรียบเทียบจุดเยือกแข็งของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกันได้	24. ข้อใดเปรียบเทียบจุดเยือกแข็งของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกัน ได้ถูกต้อง 1. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเยือกแข็งสูงกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม 2. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเยือกแข็งสูงกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม 3. สารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าสารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม 4. สารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดสูงกว่าสารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม 25. ข้อใดเปรียบเทียบจุดเยือกแข็งของสารละลายที่มีตัวทำละลายชนิดเดียวกัน แต่มีความเข้มข้นต่างกัน ไม่ถูกต้อง 1. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเยือกแข็งสูงกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม 2. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเยือกแข็งต่ำกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม 3. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเยือกแข็งสูงกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม 4. สารละลาย X ใน A ที่มีความเข้มข้น 2 โมลต่อกิโลกรัม มีจุดเดือดต่ำกว่าสารละลาย Y ใน A ที่มีความเข้มข้น 1 โมลต่อกิโลกรัม

13

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
	5. สรุปสมบัติบางประการของสารละลายได้	26. ข้อใดสรุปสมบัติบางประการของสารละลายไม่ถูกต้อง 1. จุดเดือดของสารละลายสูงกว่าจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์เสมอ 2. จุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารละลายสูงกว่าสารบริสุทธิ์เสมอ 3. จุดเดือดที่เพิ่มขึ้นจะแปรผันตรงกับความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลต่อกิโลกรัม 4. จุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งที่ลดลงจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยโมลต่อกิโลกรัม
	6. บอกความหมายของค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) ได้	27. ข้อใดบอกความหมายของค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือด (K_b) ได้ถูกต้อง 1. ค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือดของตัวทำละลาย มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสต่อโมลต่อกิโลกรัม 2. ค่าคงที่ของการลดลงของจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของตัวทำละลาย มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสต่อโมลต่อกิโลกรัม 3. ผลต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายกับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ (°C) 4. ผลต่างระหว่างจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารละลายกับจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์ (°C)
	7. บอกความหมายของค่าคงที่ของการลดลงของจุดเยือกแข็ง (K_f) ได้	28. ข้อใดบอกความหมายของค่าคงที่ของการลดลงของจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็ง (K_f) ได้ถูกต้อง 1. ค่าคงที่ของการเพิ่มขึ้นของจุดเดือดของตัวทำละลาย มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสต่อโมลต่อกิโลกรัม 2. ค่าคงที่ของการลดลงของจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของตัวทำละลาย มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียสต่อโมลต่อกิโลกรัม 3. ผลต่างระหว่างจุดเดือดของสารละลายกับจุดเดือดของตัวทำละลายบริสุทธิ์ (°C) 4. ผลต่างระหว่างจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของสารละลายกับจุดหลอมเหลวหรือจุดเยือกแข็งของตัวทำละลายบริสุทธิ์ (°C)
	8. คำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายได้	***11. ถ้ามวลโมเลกุลของสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งมีค่า 46.0 จุดเดือดของสารละลายที่ประกอบด้วยสารอินทรีย์นี้ 20.0 กรัม ในน้ำ 500 กรัม มีค่าเท่าไร ถ้าน้ำบริสุทธิ์มีจุดเดือด 99.725 องศาเซลเซียส (กำหนดให้ K_b ของน้ำเท่ากับ 0.51 องศาเซลเซียสต่อโมลต่อกิโลกรัม)

14

หน่วย/เรื่อง	จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อสอบ
		***12. สารละลายน้ำตาลทรายเข้มข้น 0.75 โมลต่อกิโลกรัม จุดเยือกแข็งของสารละลายน้ำตาลทรายมีค่าเท่าไร ถ้าน้ำบริสุทธิ์มีจุดเยือกแข็ง 0 องศาเซลเซียส (กำหนดให้ K_f ของน้ำเท่ากับ 1.86 องศาเซลเซียสต่อโมลต่อกิโลกรัม

*** **หมายเหตุ :** เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอัตนัย ให้ดูจากเอกสารแนบ

15

1. การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้

การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี สามารถแสดงราย ละเอียดได้ดังนี้

1.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล

การจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี กำหนดเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลในแต่ละขั้นตอนการเรียนการสอนดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการเรียนการสอนตามรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี

เครื่องมือที่ใช้วัด	สิ่งที่ต้องการจะวัด	วิธีการวัด	วิธีการประเมินผล	เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทดสอบหลังจากที่เรียนครบทุกหน่วยการเรียน	แบบที่ 1	ร้อยละ 70
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ทดสอบหลังจากที่เรียนครบทุกหน่วยการเรียน	แบบที่ 2	ร้อยละ 30

1.2 วิธีการประเมินผล

เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ดังแสดงในตารางที่ 1 สามารถกำหนดวิธีการประเมินผลออกได้เป็น 2 แบบ มีคะแนนเต็มรวม 20 คะแนน ดังต่อไปนี้

แบบที่ 1 : สำหรับตรวจแบบทดสอบหลังการเรียนแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ มีคะแนนเต็ม 14 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ

- ตอบถูกได้ 0.5 คะแนน
- ตอบผิดได้ 0 คะแนน

แบบที่ 2 : สำหรับตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอัตนัย มีคะแนนเต็ม 6 คะแนน มีเกณฑ์การให้คะแนนคือ

- แสดงวิธีการคำนวณโดยเลือกใช้สูตรคำนวณและหาคำตอบสุดท้ายได้ถูกต้อง 0.5 คะแนน
- แสดงวิธีการคำนวณโดยเลือกใช้สูตรคำนวณไม่ถูกต้องแต่หาคำตอบสุดท้ายได้ถูกต้อง 0 คะแนน
- แสดงวิธีการคำนวณโดยเลือกใช้สูตรคำนวณไม่ถูกต้องและหาคำตอบสุดท้ายไม่ถูกต้อง 0 คะแนน

ภาคผนวก ง

แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
วิชาเคมีเพิ่มเติม2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี
คำชี้แจง

1. ตัวแปรที่ศึกษาและข้อคำถามนี้เป็นแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น (7E) ผนวกการใช้ชุดฝึกในวิชาเคมี เรื่อง สารละลาย ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี

2. แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์มีจำนวน 20 ข้อ

กรอบการประเมินแบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์
วิชาเคมีเพิ่มเติม2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง จังหวัดกาญจนบุรี

พฤติกรรมด้านการวิเคราะห์	ความหมาย	ตัวชี้วัด
1. การวิเคราะห์ความสำคัญ	การพิจารณาหรือจำแนกว่าชิ้นใด ส่วนใด เรื่องใด เหตุการณ์ใด ตอนใดสำคัญที่สุดหรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญสิ่งที่ซ่อนเร้นอยู่	1. ความสามารถในด้านการค้นประเด็นต่างๆ ในข้อมูล 2. ความสามารถในการแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูลอื่นๆ
2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะสำคัญของเรื่องราวหรือสิ่งต่างๆ ว่าสองชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กัน	3. ความเข้าใจความสัมพันธ์ข้อความต่างๆ 4. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขัดแย้งแบ่งแยกสิ่งที่ตรงและไม่ตรงกับข้อมูลได้
3. การวิเคราะห์หลักการ	การให้พิจารณาดูชิ้นส่วนหรือส่วนปลีกย่อยต่างๆ ว่าทำงานหรือเกาะยึดกันได้ หรือคงสภาพเช่นนั้นได้เพราะใช้หลักการใดเป็นแกนกลาง จึงถามโครงสร้างหรือหลักหรือวิธีการที่ยึด	5. ความสามารถในการวิเคราะห์โครงสร้างความรู้

คำสั่ง จงอ่านข้อความและศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามข้อที่ 1-5

คำสั่ง จงอ่านข้อความและศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามข้อที่ 1-5

ข้อ	ข้อคำถาม	ทักษะที่ต้องการวัด/ตัวชี้วัด
1.	จากข้อมูลระยะเวลาการเกิดพายุฤดูร้อนมักเกิดไม่นาน เฉลี่ยประมาณเท่าใด 1. 20 นาที แต่ไม่เกิน 1 ชั่วโมง 2. 20 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง 3. 30 นาที แต่ไม่เกิน 1 ชั่วโมง 4. 30 นาที แต่ไม่เกิน 2 ชั่วโมง	วิเคราะห์ความสำคัญ / 1. ความสามารถในด้านการค้นประเด็นต่างๆ ในข้อมูล
2.	จากข้อมูลพายุฤดูร้อนคือพายุฝนฟ้าคะนองที่เกิดก่อนเริ่มฤดูฝน คือช่วงเดือนใด 1. เดือน มกราคม ถึง กุมภาพันธ์ 2. เดือน มีนาคม ถึง พฤษภาคม 3. เดือน มิถุนายน ถึง กันยายน 4. เดือน ตุลาคม ถึง ธันวาคม	วิเคราะห์ความสำคัญ / 2. ความสามารถในการแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูลอื่นๆ
3.	จากข้อมูลสิ่งที่ต้องระวังเมื่อเกิดพายุฤดูร้อนข้อใดสัมพันธ์กัน 1. ถ้าอุณหภูมิส่วนบนของเมฆต่ำกว่าจุดเยือกแข็งหยดน้ำจะเกาะตัวตกลงมาเป็นลูกเห็บ 2. กระแสลมเย็นและร้อนปะทะกันทำให้เกิดอากาศแปรปรวนฉับพลันทำให้เกิดฟ้าผ่า 3. กระแสลมเย็นและร้อนปะทะกันทำให้เกิดอากาศแปรปรวนฉับพลันเกิดพายุลมแรง 4. กระแสลมเย็นและร้อนปะทะกันทำให้เกิดอากาศแปรปรวนฉับพลันเกิดฝนฟ้าคะนองและน้ำท่วมฉับพลัน	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ / 4. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขัดแย้งแบ่งแยกสิ่งที่ตรงและไม่ตรงกับข้อมูลได้
4.	จากข้อมูลสาเหตุการเกิดพายุฤดูร้อนข้อใดมีข้อมูลถูกต้องสัมพันธ์กัน 1. ประเทศไทยได้รับแสงแดดมากทำให้อากาศเหนือพื้นดินมีความชื้นสูงเกิดเป็นพายุฤดูร้อน 2. กระแสลมเย็นและร้อนปะทะกันทำให้เกิดอากาศแปรปรวนฉับพลันเกิดเป็นพายุฤดูร้อน 3. ลมร้อนพัดลงมาจากประเทศจีนเข้าสู่ประเทศไทยจะทำให้เกิดเป็นพายุฤดูร้อน 4. ลมใต้และลมตะวันออกเฉียงใต้จากทะเลจีนใต้และอ่าวไทยพัดเอาความร้อนเข้าสู่ประเทศไทยทำให้เกิดพายุฤดูร้อน	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ / 3. ความเข้าใจความสัมพันธ์ข้อความต่างๆ
5.	จากข้อมูลข้างต้น ท่านมีแนวคิดอย่างไรในการป้องกันภัยที่จะเกิดจากการเกิดพายุฤดูร้อน 1. เก็บตัวอยู่แต่ในบ้านไม่ออกไปไหน 2. ออกไปทำงานในที่โล่งแจ้งตามปกติ 3. เตรียมเก็บข้าวของขึ้นไว้ที่สูงเพราะอาจเกิดน้ำท่วมฉับพลัน 4. ปีนขึ้นไปบนต้นไม้สูงเพื่อรอถ่ายวิดีโอขณะเกิดน้ำป่าไหลหลากและแจ้งพิกัดน้ำท่วม	วิเคราะห์หลักการ / 5. ความสามารถในการวิเคราะห์โครงสร้างความรู้

คำสั่ง จงอ่านข้อความและศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามข้อที่ 6-10

คำสั่ง จงอ่านข้อความและศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามข้อที่ 6-10

ข้อ	ข้อคำถาม	ทักษะที่ต้องการวัด/ตัวชี้วัด
6.	จากข้อมูลหน้ากากอนามัยป้องกันหวัด เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่แฝงตัวอยู่ในบริเวณส่วนใดของผู้ป่วย 1. ลมหายใจ 2. น้ำลาย 3. น้ำตา 4. เหงื่อ	วิเคราะห์ความสำคัญ / 1. ความสามารถในด้านการค้นประเด็นต่างๆ ในข้อมูล
7.	การแพร่กระจายเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ จากการไอ หรือ จาม ทำให้เชื้อโรคแพร่กระจายได้ถึงกี่ฟุต 1. 3 ฟุต 2. 5 ฟุต 3. 7 ฟุต 4. 10 ฟุต	วิเคราะห์ความสำคัญ / 2. ความสามารถในการแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูลอื่นๆ
8.	จากข้อมูลหน้ากากอนามัยป้องกันหวัดข้อใดมีความสัมพันธ์กัน 1. เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศร้อน 2. เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศอบอุ่น 3. เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศชื้น 4. เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่เจริญเติบโตได้ดีในสภาพอากาศหนาว	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ / 3. ความเข้าใจความสัมพันธ์ข้อความต่างๆ
9.	จากข้อมูลหน้ากากอนามัยที่ได้มาตรฐาน ชนิด 3 ชั้น ข้อใดบอกหน้าที่ของชั้นกรองชั้นกลาง ได้ถูกต้อง 1. ทำจากเส้นใยสังเคราะห์โพลีโพรพิลีน สปันบอนด์ ใช้สัมผัสกับผิว 2. ทำจากวัสดุ BFE > 95% ใช้กรองเชื้อโรค 3. ทำจากเส้นใยสังเคราะห์โพลีโพรพิลีน สปันบอนด์ ใช้ป้องกันไม่ให้น้ำซึมเข้า 4. ทำจากวัสดุ BFE < 95% ใช้กรองเชื้อโรค	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ / 4. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขัดแย้งแบ่งแยกสิ่งที่ตรงและไม่ตรงกับข้อมูลได้
10.	จากข้อมูลข้างต้น ข้อใดสรุปได้ถูกต้องที่สุด 1. หน้ากากอนามัยสามารถป้องกันการแพร่เชื้อไวรัส COVID-19 ไปสู่ผู้อื่นได้ 2. หน้ากากอนามัยสามารป้องกันการเจริญเติบโตของเชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ได้ 3. หน้ากากอนามัยสามารถป้องกันฝุ่นละอองที่มีอนุภาคขนาด 3 ไมครอนได้ 4. หน้ากากอนามัยสามารถป้องกันการแพร่เชื้อไวรัสไข้หวัดใหญ่ไปสู่ผู้อื่นได้	วิเคราะห์หลักการ/ 5. ความสามารถในการวิเคราะห์โครงสร้างความรู้

คำสั่ง จงอ่านข้อความและศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามข้อที่ 11-15

คำสั่ง จงอ่านข้อความและศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามข้อที่ 11-15

ข้อ	ข้อคำถาม	ทักษะที่ต้องการวัด/ตัวชี้วัด
11.	จากข้อมูลข้างต้นหมอกควันเกิดจากสาเหตุใด 1. ไนโตรเจนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับ สารประกอบอินทรีย์ระเหยง่าย 2. ไนโตรเจนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับแสงแดดและโอโซน 3. ไนโตรเจนออกไซด์ทำปฏิกิริยากับแสงแดด 4. ฝุ่นและควันในอากาศรวมตัวกัน	วิเคราะห์ความสำคัญ/ 1. ความสามารถในด้านการค้นประเด็นต่างๆ ในข้อมูล
12.	จากข้อมูลข้างต้น ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด 1. Smog คือ ก๊าซโอโซนระดับพื้นดิน 2. Smog คือ ก๊าซโอโซนระดับสตรา โทสเฟียร์ 3. Smoky haze คือ ก๊าซโอโซนระดับพื้นดิน 4. Smoky haze คือ ปรากฏการณ์ที่ฝุ่นและควันในอากาศรวมตัวกัน	วิเคราะห์ความสำคัญ/ 2. ความสามารถในการแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูลอื่นๆ
13.	จากข้อมูลข้างต้นโอโซนระดับพื้นดินมีความสัมพันธ์ต่อสิ่งใด 1. ช่วยกรองรังสี UV-A 2. ช่วยกรองรังสี UV-B 3. ช่วยกรองรังสี UV-C 4. บดบังวิสัยทัศน์ระค่ายเคืองตา	วิเคราะห์ความสัมพันธ์/ 3. ความเข้าใจความสัมพันธ์ข้อความต่างๆ
14.	จากข้อมูลข้างต้น ฝุ่นละอองที่มีขนาด < 2.5 ไมครอน ข้อใดสัมพันธ์กัน 1. สามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และสะสมในเซลล์ผิวหนัง 2. สามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และสะสมในหลอดเลือด 3. สามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และสะสมในเนื้อเยื่อปอด 4. สามารถผ่านเข้าสู่ระบบทางเดินหายใจ และสะสมในเนื้อเยื่อโพรงจมูก	วิเคราะห์ความสัมพันธ์/ 3. ความเข้าใจความสัมพันธ์ข้อความต่างๆ
15.	จากข้อมูลข้างต้นข้อใดสรุปได้ถูกต้องและเหมาะสม 1. หมอกควันเกิดจากการเผาพื้นที่ทำการเกษตรและป่าไม้ 2. หมอกควันเกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง 3. หมอกควันเกิดจากไอเสียรถยนต์และโรงงานอุตสาหกรรม 4. หมอกควันเกิดจากน้ำมันเชื้อเพลิง	วิเคราะห์หลักการ/ 5. ความสามารถในการวิเคราะห์โครงสร้างความรู้

คำสั่ง จงอ่านข้อความและศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามข้อที่ 16-20

คำสั่ง จงอ่านข้อความและศึกษาข้อมูลที่กำหนดให้แล้วตอบคำถามข้อที่ 16-20

ข้อ	ข้อคำถาม	ทักษะที่ต้องการวัด/ตัวชี้วัด
16.	จากข้อมูลข้างต้นฟรุกโตสไซรับคืออะไร 1. น้ำตาลผลไม้ 2. น้ำตาลกลูโคส 3. น้ำตาลฟรุกโตส 4. น้ำเชื่อมข้าวโพด	วิเคราะห์ความสำคัญ/ 1. ความสามารถในด้านการค้นประเด็นต่างๆ ในข้อมูล
17.	จากข้อมูลข้างต้นน้ำเชื่อมข้าวโพดผลิตได้จากสิ่งใด 1. อ้อย 2. แตงโม 3. แป้งข้าวโพด 4. มันสำปะหลัง	วิเคราะห์ความสำคัญ/ 2. ความสามารถในการแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูลอื่นๆ
18.	จากข้อมูลถ้ารับประทานอาหารที่หวานมากเกินไป จะก่อให้เกิดโรคในข้อใด 1. เกิดโรคไต 2. เกิดโรคมะเร็ง 3. เกิดภาวะตับแข็ง 4. เกิดโรคเบาหวาน	วิเคราะห์ความสัมพันธ์/ 4. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขัดแย้งแบ่งแยกสิ่งที่ตรงและไม่ตรงกับข้อมูลได้
19.	จากข้อมูลฟรุกโตสไซรับประกอบไปด้วยน้ำตาล 2 ชนิด ข้อใดมีความสัมพันธ์กัน 1. กลูโคส และ กาแลกโทส 2. กลูโคส และ ฟรุกโทส 3. กลูโคส และ มอลโทส 4. กลูโคส และ ซูโครส	วิเคราะห์ความสัมพันธ์/ 4. ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขัดแย้งแบ่งแยกสิ่งที่ตรงและไม่ตรงกับข้อมูลได้
20.	จากข้อมูลที่กำหนดให้ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง 1. ฟรุกโทสไซรับเป็นน้ำเชื่อมที่ได้จากน้ำผึ้ง หรือ น้ำเกสรดอกไม้ 2. ฟรุกโทสไซรับเป็นน้ำเชื่อมที่ได้จากแตงโม ส้ม หรือ มะพร้าว 3. ฟรุกโทสไซรับเป็นน้ำเชื่อมที่ได้จากแป้งข้าวโพด อ้อย หรือมันสำปะหลัง 4. ฟรุกโทสไซรับเป็นน้ำเชื่อมที่ได้จาก น้ำตาลกลูโคส หรือน้ำตาลฟรุกโทส	วิเคราะห์หลักการ/ 5. ความสามารถในการวิเคราะห์โครงสร้างความรู้

คำสั่ง แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนข้อสอบ 20 ข้อ

วิธีการตอบ ระบาย 1 คำตอบที่เป็นคำตอบที่ถูกที่สุดในแต่ละข้อ

1	①	②	③	④
2	①	②	③	④
3	①	②	③	④
4	①	②	③	④
5	①	②	③	④
6	①	②	③	④
7	①	②	③	④
8	①	②	③	④
9	①	②	③	④
10	①	②	③	④

11	①	②	③	④
12	①	②	③	④
13	①	②	③	④
14	①	②	③	④
15	①	②	③	④
16	①	②	③	④
17	①	②	③	④
18	①	②	③	④
19	①	②	③	④
20	①	②	③	④

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาววิไล ชาปู่
วัน เดือน ปีเกิด	27 มีนาคม 2525
สถานที่เกิด	อำเภอบ้านม่วง จังหวัดสกลนคร
ประวัติการศึกษา	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) พ.ศ.2548
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนเลาขวัญราษฎร์บำรุง อำเภอเลาขวัญ จังหวัดกาญจนบุรี
ตำแหน่ง	ครู