ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร

นางสาวศศิกานต์ นิ่มดำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2561

The Effects of Inquiry Learning Management Together with Science Writing Heuristic Technique in the Topic of Chemical Reaction Rate on Science Learning Achievement and Scientific Explanation Ability of Mathayom Suksa V Students of Chumphon Consortium 2 Small Sized Schools in Chumphon Province

Miss Sasikarn Nimdam

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Education
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2018

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร

ชื่อและนามสกุล นางสาวศศิกานต์ นิ่มดำ

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์

2. รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 15 สิงหาคม 2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ดวงเดือน สุวรรณจินดา)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา จันทร์คง)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร

ผู้วิจัย นางสาวศศิกานต์ นิ่มดำ **รหัสนักศึกษา** 2602000511 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร. นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา **ปีการศึกษา** 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (2) เปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าวระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ (3) ศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าว

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพะโต๊ะวิทยา จังหวัดชุมพร จำนวน 31 คน ได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และ (3) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที และการวิเคราะห์เนื้อหา

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) นักเรียนดังกล่าวที่เรียนโดยการเรียนรู้แบบสืบเสาะความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) นักเรียนดังกล่าวมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) นักเรียนดังกล่าวมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดี

คำสำคัญ การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ มัธยมศึกษา

Thesis title: The Effects of Inquiry Learning Management Together with Science Writing Heuristic Technique in the Topic of Chemical Reaction Rate on Science Learning Achievement and Scientific Explanation Ability of Mathayom Suksa V Students of Chumphon Consortium 2 Small Sized Schools in Chumphon Province
Researcher: Miss Sasikarn Nimdam; **ID:** 2602000511;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Nuanjid Chowakeratipong, Associate Professor;
(2) Dr. Duongdearn Suwanjinda, Associate Professor; **Academic year:** 2018

Abstract

The objectives of this research were (1) to compare the post-learning science learning achievement of Mathayom Suksa V students, who learned under the inquiry learning management together with science writing heuristic technique in the topic of Chemical Reaction Rate, against the 70 percent of full score criterion; (2) compare the pre-learning and post-learning scientific explanation abilities of Mathayom Suksa V students who learned under the above-mentioned learning management; and (3) to study the level of scientific explanation ability of Mathayom Suksa V students who learned under the above-mentioned learning management.

The research sample consisted of 31 Mathayom Suksa V students studying in the second semester of academic year 2018 at Phatowittaya School in Chumphon province, obtained by cluster random sampling. The research instruments included (1) learning management plans for inquiry learning management together with science writing heuristic technique; (2) a science learning achievement test; and (3) a scale to assess scientific explanation ability. The collected data was analyzed with the use of percentage, mean, standard deviation, t-test, and content analysis.

The research results showed that (1) the post-learning science learning achievement in the topic of Chemical Reaction Rate of the students, who learned under the inquiry learning management together with science writing heuristic technique, was significantly higher than the 70 percent of full score criterion at the .05 level of statistical significance; (2) the post-learning scientific explanation ability of the students was significantly higher than their pre-learning counterpart ability at the .05 level of statistical significance; and (3) the post-learning scientific explanation ability of the students was at the good level.

Keywords: Inquiry learning, Science writing heuristic technique, Learning achievement, Scientific explanation, Mathayom Suksa

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างดียิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ประกอบด้วย รองศาสตราจารย์ ดร. นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และรองศาสตราจารย์ ดร. ดวงเดือน สุวรรณจินดา ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้คำแนะนำ ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และติดตามงานอย่างใกล้ชิด ทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ และประสบการณ์ในการทำวิจัยครั้งนี้ นอกจากนี้ ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ที่กรุณามาเป็นประธานกรรมการในการสอบปกป้องวิทยานิพนธ์ และให้คำแนะนำ เพื่อให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาของท่านเป็นอย่างยิ่ง จึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิ นางสาวพัชรี ลิ้มสุวรรณ นายวุฒิพล รัตนพร และนายอังคาร เทพรัตนนันท์ ที่ได้กรุณาให้ความช่วยเหลือในการสร้าง ตรวจสอบ และแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้บริหาร คณะครู และนักเรียนโรงเรียนพะโต๊ะวิทยา จังหวัดชุมพร ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ในการรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษา บุคคลในครอบครัว และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่านที่ได้กรุณาให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ และให้กำลังใจตลอดมา

ศศิกานต์ นิ่มดำ

สิงหาคม 2562

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญภาพ ..... ฏ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 5
กรอบแนวคิดการวิจัย 5
สมมติฐานการวิจัย 6
ขอบเขตการวิจัย 6
นิยามศัพท์เฉพาะ 7
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 9
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 10
เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) 22
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 28
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 37
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 41
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 45
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 45
การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 46
การเก็บรวบรวมข้อมูล 55
การวิเคราะห์ข้อมูล 56

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 60
ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 61
ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 62
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 65
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 68
วัตถุประสงค์การวิจัย 68
สมมติฐานการวิจัย 68
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 69
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 69
การเก็บรวบรวมข้อมูล 70
การวิเคราะห์ข้อมูล 70
สรุปการวิจัย 71
อภิปรายผล 72
ข้อเสนอแนะ 78
บรรณานุกรม 80
ภาคผนวก 87
ก รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ 88
ข ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 90

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ค ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 96
ง ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 99
จ ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) 104
ฉ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 112
ช ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 121
ประวัติผู้วิจัย 125

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตามแนวคิด Szesze 18
ตารางที่ 2.2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตามแนวคิดของ Bybee et al. 19
ตารางที่ 2.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น 21
ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบการบันทึกผลการทดลองโดยใช้การบันทึกผลการทดลองแบบดั้งเดิมกับการบันทึกผลการทดลองโดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ 25
ตารางที่ 2.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ โดย Nam et al. 27
ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ 40
ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป 40
ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) 47
ตารางที่ 3.2 การแปลผลระดับความคิดเห็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ 48
ตารางที่ 3.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ 49
ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์จุดประสงค์และระดับพฤติกรรม เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 50
ตารางที่ 3.5 แนวทางในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป 53
ตารางที่ 3.6 การแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 54
ตารางที่ 3.7 การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ 57
ตารางที่ 3.8 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ 58
ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 61

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 62

ตารางที่ 4.3 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 64

ตารางที่ 4.4 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 65

ตารางที่ 4.5 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 66

ตารางที่ 4.6 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 66

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม 5
ภาพที่ 2.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 17

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีความสำคัญอย่างยิ่งในโลกปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับชีวิตของคนทุกคนที่จะต้องใช้การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผลในการดำรงชีวิต คิดแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันอย่างเป็นระบบ และนำความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน (เตชทัต เรืองธรรม, 2559) เช่น การผลิตเครื่องมือเครื่องใช้ต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตและการทำงาน ซึ่งทุกอย่างล้วนอาศัยความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นทุกคนจะต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้รู้วิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ [ศธ], 2551) การที่จะได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องมีการสืบเสาะหาความรู้ โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีจิตวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความอยากรู้อยากเห็น มีจิตใจกว้าง ยอมรับแนวคิดใหม่ รวมถึงค้นคว้าหาข้อมูลใหม่ ๆ อยู่เสมอ นอกจากนั้นเป้าหมายในการจัดการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์ คือ การรู้วิทยาศาสตร์ (จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2560)

การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะสำคัญในการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้ระบุถึงความสำคัญของการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ในสาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีว่า นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ (ศธ, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับ McNeil, Lizotte, Krajcik and Marx (2006) ระบุว่าการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกิจกรรมที่ทำให้นักเรียนเกิดการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปและสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และในปัจจุบันมีโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assesment หรือ PISA) มีจุดประสงค์เพื่อประเมินการศึกษาและเตรียมเยาวชนให้พร้อมในการดำรงชีวิต และการทำงานในอนาคต พิจารณาจากการรู้เรื่อง 3 ด้าน ได้แก่ (1) การอ่าน (2) คณิตศาสตร์ และ (3) วิทยาศาสตร์ โดยการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์นักเรียนจะต้องมีความสามารถในการเชื่อมโยงสิ่งต่าง ๆ เข้ากับประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผลผ่านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ได้แก่ (1) การอธิบายปรากฏการณ์เชิงวิทยาศาสตร์ (2) การประเมินและออกแบบกระบวนการสืบเสาะหา

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) การแปลความหมายข้อมูลและการใช้ประจักษ์พยานเชิงวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท], 2561) ครูจำเป็นจะต้องระลึกไว้เสมอว่าภาษามีความสำคัญอย่างมากในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และต้องสร้างโอกาสให้นักเรียนได้สร้างความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมทางภาษาที่หลากหลาย (สกนธ์ชัย ชะนูนันท์, 2557) และสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานได้เร่งรัดให้ทุกโรงเรียนเพิ่มการใช้ข้อสอบแบบอัตนัย เป็นข้อสอบที่วัดความคิดขั้นสูง เพื่อพัฒนาศักยภาพของนักเรียน และเพื่อให้สอดคล้องกับการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ดังนี้ (1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) (2) หลักฐาน (Evidence) และ (3) เหตุผล (Reasoning) (McNeil and Krajcik, 2008)

จากการศึกษาพบว่า นักเรียนของไทยยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ โดยในโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) ที่จัดโดยองค์กรความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ในปี 2015 ด้านวิทยาศาสตร์ค่าเฉลี่ย OECD มีคะแนนวิทยาศาสตร์ที่ 493 คะแนน ซึ่งค่าเฉลี่ยนี้เป็นคะแนนมาตรฐานที่ใช้ในการเปรียบเทียบผลการประเมิน พบว่าประเทศไทยมีคะแนนวิทยาศาสตร์ 421 คะแนน อยู่ในลำดับที่ 51 ของประเทศเขตเศรษฐกิจซึ่งต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (สสวท, 2561) หมายความว่าเด็กไทยยังไม่สามารถนำความรู้และทักษะมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ และไม่สามารถอธิบายความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยการใช้หลักฐานและเหตุผลในการอธิบายได้ อาจเป็นเพราะนักเรียนขาดการเชื่อมโยง ซึ่งสอดคล้องกับผลการประเมินการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-Net) พบว่า คะแนนทดสอบการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์ตั้งแต่ปี 2552 – 2554 ต่ำกว่าร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556) จากการรายงานปัญหาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน พบว่า ครูใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบบรรยาย มุ่งจัดการเรียนรู้เนื้อหามากกว่าทักษะกระบวนการ ขาดการใช้สื่อในการจัดการเรียนรู้ และไม่เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการจัดการเรียนรู้ (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552) สอดคล้องกับ สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ของครูส่วนใหญ่เน้นการบรรยาย ทำให้นักเรียนขาดการลงมือปฏิบัติเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง ส่งผลให้ขาดทักษะและโอกาสในการพัฒนาความคิด การที่จะพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์นั้นมีหลักสำคัญ คือ การที่ให้นักเรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่อยู่บนพื้นฐานของข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์ (Osborne and Patterson, 2011) ดังนั้นการปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้ของครูเป็นสิ่งที่จำเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องเปลี่ยนวิธีการจัดการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ และนำองค์ความรู้มาสร้างเป็นคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ด้วยปัญหาดังกล่าวจึงควรจัดการเรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการสืบเสาะหาความรู้ สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน ปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป แล้วนำไปเขียนเพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยจากการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ปรีชาญ เดชศรี, 2557) และการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) (เตชทัต เรืองธรรม, 2559) สามารถพัฒนาองค์ความรู้ของนักเรียน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา สืบค้นข้อมูล อธิบาย อภิปราย และนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน ซึ่งปัจจุบันนิยมใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ (1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและความอยากรู้ (2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนมีโอกาสลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบและสร้างความรู้ด้วยตนเอง (3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) แปลความหมายของข้อมูลที่ได้ผ่านการวิเคราะห์ อธิบาย อภิปราย (4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ และ (5) ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการสะท้อนความคิดและความเข้าใจของนักเรียน (ปรีชาญ เดชศรี, 2557) แต่ในปัจจุบันแม้จะมีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แต่นักเรียนไทยส่วนใหญ่ยังขาดการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยลือชา ลดาชาติ และโชคชัย ยืนยง (2558) กล่าวว่า การสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ยังไม่เกิดขึ้นจริงในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แม้ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ แต่เป็นการปฏิบัติตามขั้นตอนโดยปราศจากความเข้าใจ ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปราย ทำให้นักเรียนขาดการจัดกระทำข้อมูล ประสบปัญหาในการสื่อสารแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้อื่นเข้าใจ จากงานวิจัยดังกล่าว พบว่า การจัดการเรียนรู้ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปครูไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนจัดกระทำข้อมูลและอภิปราย ทำให้ไม่สามารถจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปได้ เนื่องจากนักเรียนขาดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างผลการทดลองหรือหลักฐานกับทฤษฎี สอดคล้องกับนวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562) กล่าวว่ายังมีครูวิทยาศาสตร์ที่ขาดทักษะการใช้คำถามเพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่เป็นหลักฐานจากกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหา นำมาสร้างคำอธิบายคำตอบของปัญหาที่สนใจหรือสงสัยที่เป็นคำอธิบายของตัวเอง และเป็นคำอธิบายที่มีการเชื่อมโยงต่อเนื่องกับคำถามหรือข้อสงสัยที่ระบุไว้ในขั้นสร้างความสนใจ

จึงอาจสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีข้อจำกัดตรงที่ครูจะต้องตระหนักอยู่เสมอว่าการสร้างข้อคำถาม หรือสถานการณ์ที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ต้องมีความชัดเจน เพื่อที่จะทำให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบาย

เชิงวิทยาศาสตร์อย่างเหมาะสม (สันติชัย อนุวรชัย, 2557) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ยังขาดการให้นักเรียนประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้าง และไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้ในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic) ซึ่ง Nam, Chol and Hand (2010) กล่าวว่าเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เป็นการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้การเขียนและให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น สะท้อนความคิดของนักเรียนและตรวจสอบความรู้ของนักเรียน มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านการสืบเสาะหาความรู้ โดยเป็นการพัฒนาการเขียนคำอธิบาย มีการแลกเปลี่ยนแนวคิดผ่านการอภิปราย (Hand, 2008) เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ให้ความสำคัญกับการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยการเชื่อมโยงความรู้จากหลักฐานที่มีอยู่เข้ากับทฤษฎี โดยมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ และตรวจสอบความรู้ของนักเรียนที่มีอยู่ว่าถูกต้องหรือไม่ (เตชทัต เรืองธรรม, 2559)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ (สสวท, 2544) และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สะท้อนลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสืบเสาะหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลายทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง (สุทธิดา จำรัส, 2560) สามารถนำความรู้มาสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ และการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) พบว่าสามารถพัฒนาการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของนักเรียนและส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการกำหนดคำถามเพื่อใช้ในการสำรวจตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้และสะท้อนความคิดเห็น มีการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับข้อสรุป เป็นการพัฒนาการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Putti, 2011)

ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-Net) ปีการศึกษา 2560 ของโรงเรียนขนาดเล็กสังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร พบว่าในสาระสารและสมบัติของสารมีคะแนนเฉลี่ย 23.67 คะแนน คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ คือ 26.32 ต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ ในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในสาระสารและสมบัติของสารที่มีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าระดับประเทศ นักเรียนไม่สามารถสร้างองค์ความรู้ และไม่สามารถอธิบายองค์ความรู้ที่มีอยู่ในเนื้อหาดังกล่าว ขาดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้าง

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาเอาแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ซึ่งเนื้อหาดังกล่าวเป็นเนื้อหาที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนไม่สามารถอธิบายผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ และเนื้อหาดังกล่าวสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) โดยเลือกใช้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นประชากรที่ศึกษาเนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นตัวแทนที่ดีของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพื้นฐานในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์-เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากวิชาเคมีพื้นฐานในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

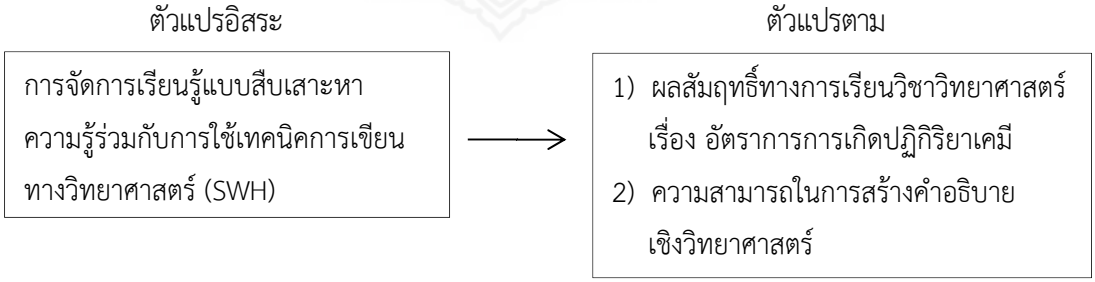
2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

2.3 เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

จากการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ได้เสนอกรอบแนวคิดในการวิจัยตามลักษณะตัวแปรอิสระและตัวแปรตาม ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม

4. สมมติฐานการวิจัย

4.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

4.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

5. ขอบเขตการวิจัย

5.1 ด้านเนื้อหา

ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยโดยใช้เนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี วิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม (เคมี) เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

5.2 ด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

5.2.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ในกลุ่มโรงเรียนมัธยมขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร จำนวน 7 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 180 คน

5.2.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพะโต๊ะวิทยา ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มโรงเรียนมัธยมขนาดเล็กสังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร จำนวน 1 ห้องเรียน 31 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 21 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

5.3 ด้านตัวแปร

5.3.1 ตัวแปรอิสระ

1) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

5.3.2 ตัวแปรตาม

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

6. นิยามศัพท์เฉพาะ

6.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเป็นกระบวนการและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง ผ่านขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้น ดังนี้ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ซึ่งให้ความสำคัญกับการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องมีการระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้าง พร้อมทั้งให้หลักฐาน และแสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง ผ่านกระบวนการจัดกิจกรรมดังนี้

6.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) กิจกรรมสำคัญของนักเรียน คือ ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และนักเรียนกำหนดปัญหาหรือคำถาม (Beginning idea) ในสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ เป็นคำถามหรือเป้าหมายที่จะนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim)

6.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) กิจกรรมสำคัญของนักเรียน คือ นักเรียนสำรวจและค้นหาโดยการใช้ความคิดและลงมือปฏิบัติ ทำการทดสอบ (Tests) และสังเกต (Observations) เพื่อให้ได้หลักฐานของคำตอบที่จะเป็นข้อกล่าวอ้าง (Claim)

6.1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) กิจกรรมสำคัญของนักเรียน คือ นักเรียนอธิบายและลงข้อสรุปที่เป็นข้อกล่าวอ้าง (Claim) ผ่านการแสดงหลักฐาน (Evidence) โดยการเขียนบรรยายหรือวาดรูป

6.1.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) กิจกรรมสำคัญของนักเรียน คือ นักเรียนเพิ่มเติมความรู้โดยผ่านการอภิปราย การอ่านข้อสรุปของผู้อื่น (Reading) และสะท้อนความคิด (Reflection)

6.1.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) กิจกรรมสำคัญของนักเรียน คือ ประเมินการเรียนรู้โดยนักเรียนตอบคำถามของตนเองผ่านการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Writing) ซึ่งคำอธิบาย

เชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) และ 3) เหตุผล (Reasoning)

6.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการเรียนรู้จากการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม เคมี สามารถวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งเป็นข้อสอบแบบปรนัย มี 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ครอบคลุมโครงสร้างพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูม ในระดับพฤติกรรมด้านจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ และวิเคราะห์

6.3 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง การสร้างข้อความที่ใช้ในการให้ความหมาย วาดภาพ วาดภาพประกอบคำอธิบาย หรืออธิบายผลที่ได้จากการทดลองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นมานั้นต้องมาจากองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ดังนี้

6.3.1 ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถาม หรือข้อสรุปของคำถาม

6.3.2 หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบหรือข้อสรุป

6.3.3 เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างสามารถวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งเป็นแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ

7. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

7.1 เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

7.2 เพื่อเป็นแนวทางในการเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็กสังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง โดยแบ่งหัวข้อดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    1.2 แนวคิดทฤษฎีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    1.3 แนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
    1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
    1.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น
2. เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)
    2.1 ความหมายและขอบเขตของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)
    2.2 ความสำคัญและประโยชน์ของการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)
    2.3 หลักและวิธีการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)
    2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    3.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    3.2 ประเภทเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
    3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
4. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    4.1 ความหมายและองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    4.2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
    4.3 เครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยครูนำประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์มาเพื่อทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ครูจะทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการค้นหาคำตอบของนักเรียน จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีผู้ให้ความหมาย ดังนี้

1.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สสวท (2544) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง กระบวนการที่ทำให้นักเรียนได้เกิดการสืบค้น หรือค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดการรับรู้อย่างมีความหมาย นักเรียนจึงสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองเองและสามารถเก็บความรู้ไว้ได้เป็นระยะเวลานาน และสามารถนำองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นมาประยุกต์ใช้เมื่อเผชิญสถานการณ์ที่เหมาะสม

ทิศนา แขมมณี (2554) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย และลงมือค้นหาคำตอบด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการค้นหาคำตอบของนักเรียน

ปรีชาญ เดชศรี (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีลักษณะแปลกใหม่ มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลด้วยตนเองเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ และนำความรู้ที่ได้รับไปประยุกต์ใช้

ประสาท เนืองเฉลิม (2558) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวทางที่ส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยการกำหนดปัญหาและค้นหาคำตอบ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และถ่ายโยงการเรียนรู้การเรียนรู้ด้วยแลกเปลี่ยนความรู้ระหว่างกลุ่มเพื่อน

สุทธิดา จำรัส (2560) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สะท้อนลักษณะสำคัญของวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อสืบเสาะหาคำตอบด้วยวิธีการที่หลากหลายทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่สำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เนื่องจากเป็นวิธีการที่นำมาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้วิทยาศาสตร์ ผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้สืบเสาะค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีการต่าง ๆ และนำข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้ามาสร้างเป็นองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการค้นคว้า

ของนักเรียนและกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับแลกเปลี่ยนกับบุคคลอื่น และนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่เหมาะสม

1.2 แนวคิดทฤษฎีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

จากการศึกษาเอกสารพบว่าแนวคิดทฤษฎีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มาจากทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivism) มีผู้อธิบายไว้ดังนี้

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivism) เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ผ่านกระบวนการคิดด้วยตนเอง ครูไม่สามารถเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนได้ แต่ครูสามารถจัดสภาพแวดล้อมให้นักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุล ทำให้นักเรียนต้องพยายามปรับข้อมูลที่ได้รับกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีภาวะสมดุล และสร้างเป็นความรู้ใหม่ด้วยตนเอง

ทิศนา แขมมณี (2554) กล่าวว่า ทฤษฎีพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของเพียเจต์และวีก็อตสกี เป็นรากฐานที่สำคัญของทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivism) โดยเพียเจต์อธิบายว่า พัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคลมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซับ และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา พัฒนาการจะเกิดขึ้นเมื่อบุคคลได้รับและซึมซับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับเข้าไปสอดคล้องกับความรู้เดิมที่มีอยู่ โดยคนทุกคนจะมีพัฒนาการไปตามลำดับจากประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมรอบตัว ส่วนวีก็อตสกีให้ความสำคัญกับวัฒนธรรมและสังคมมาก เนื่องจากมนุษย์ได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่เกิด ดังนั้นสถาบันสังคมเริ่มตั้งแต่สถาบันครอบครัวจะมีอิทธิพลต่อพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของแต่ละบุคคล

สุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2560) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivism) เน้นว่า การเรียนรู้เป็นการทำความเข้าใจด้วยตัวของนักเรียนในสิ่งที่กำลังเรียนรู้ ทำให้นักเรียนสามารถแปลความหมายจากสิ่งที่กำลังเรียนรู้ได้ โดยมีการจัดกระทำข้อมูลและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น และเกิดเป็นองค์ความรู้ร่วมกัน โดยแนวคิดที่มีผลต่อทฤษฎีการเรียนรู้นี้คือแนวคิดของเพียเจต์ และวีก็อตสกี

1. แนวคิดของเพียเจต์ การเรียนรู้ หมายถึง การแปลงรูปความเป็นจริงที่นักเรียนค้นพบโดยการสร้างความเข้าใจที่มีความหมายต่อตนเอง ดังนั้น ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้นิยม สามารถบอกได้ว่าคนเราเรียนรู้ได้อย่างไร โดยนักเรียนจะค่อย ๆ สะสมความรู้ความเข้าใจอย่างง่ายไว้เป็นพื้นฐาน และเพิ่มความซับซ้อนขึ้นตามประสบการณ์ ทำให้เกิดการพัฒนาการทางด้านความคิด จิตใจ และสติปัญญา เรียกว่าพัฒนาการทางสติปัญญาอย่างง่าย นอกจากนี้การเรียนรู้ยังเป็นเรื่องของการปรับตัวให้เหมาะสม ความรู้เป็นสิ่งที่นักเรียนสร้างขึ้นด้วยตนเองไม่ได้รับการลอกเลียนแบบมาจากสิ่งแวดล้อมภายนอก ดังนั้น ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจในความรู้ด้วยตนเองว่า ความรู้นั้นเป็นอย่างไรตามความคิดความเข้าใจของนักเรียน โดยนักเรียนต้องมีความรู้พื้นฐานอยู่ก่อนแล้วและมีแลกเปลี่ยนความรู้กับบุคคลอื่น ๆ เพราะ

ความรู้ที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยเน้นว่าการเรียนรู้ หมายถึงการสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เกิดขึ้นจากการสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้และเชื่อมโยงกับประสบการณ์ที่มีอยู่ ดังนั้นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนตามหลักการสร้างสรรค์ความรู้ของเพียเจต์ ได้ดังนี้

1.1 การเรียนรู้จะต้องเกิดขึ้นโดยนักเรียนเข้าไปเรียนรู้ โดยได้รับกระบวนการทางสังคมที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้

1.2 นักเรียนต้องตัดสินใจในการเรียนรู้ว่า เขาอยากเรียนอะไร ให้เขาวางแผนและตั้งเป้าหมายการเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นกิจกรรมในชั้นเรียนควรเปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการวางแผนว่าต้องการลักษณะการเรียนการสอนแบบใด

1.3 นักเรียนจะต้องสร้างความเข้าใจด้วยตนเองจากความรู้ที่มีอยู่เดิมกับความรู้ที่เรียนใหม่ โดยนักเรียนใช้สมองและร่างกายโดยการลงมือกระทำ จะทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ได้อย่างมีความหมาย

1.4 นักเรียนควรจะใช้วิธีการที่หลากหลายในการเรียนรู้

1.5 บรรยากาศในการเรียนการสอน ประสบการณ์การเรียนรู้ต้องเป็นประสบการณ์ที่เป็นประสบการณ์จริงในชีวิตที่สามารถนำเอาไปใช้ได้

1.6 นักเรียนต้องมีส่วนร่วมอย่างกระตือรือร้นในการเรียนรู้ โดยเรียนด้วยตนเอง และสามารถนำความรู้นั้นไปถ่ายทอดให้ผู้อื่นได้ โดยวิธีการที่นักเรียนคิดว่าเหมาะสมที่สุด

1.7 ครูต้องมีบทบาทเกื้อหนุนและอำนวยการเรียนรู้ให้เป็นไปตามที่นักเรียนต้องการ นักเรียนควรได้รับการเรียนรู้อย่างอิสระ โดยมีผู้คอยเกื้อหนุนเพื่อที่จะทำให้นักเรียนได้เกิดการแสวงหาความรู้

2. แนวคิดของวีก็อตสกีโดยวีก็อตสกีให้ความสำคัญกับบริบทของสังคมและวัฒนธรรม รวมทั้งพื้นฐานความเป็นมาของบุคคลนั้น ๆ เพราะการที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีหรือไม่ครอบครัวหรือสิ่งแวดล้อมก็เป็นสิ่งสำคัญ การเลี้ยงดูจะส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด และปฏิบัติเป็นแรงผลักดันให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญา ในการนำหลักการของวีก็อตสกีไปใช้ครูต้องสร้างสิ่งแวดล้อมให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ค่อย ๆ พัฒนาความสามารถไปจนถึงในระดับสูง และนักเรียนจะต้องมีโอกาสในการแลกเปลี่ยนความรู้เพื่อทำความเข้าใจกับความรู้ที่ตนเองเป็นผู้สร้างขึ้น

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป (2561) กล่าวว่า จอห์น ดิวอี้ เป็นเจ้าของแนวคิดlearning by doing กล่าวว่าหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่ผ่านมาให้ความสำคัญกับข้อเท็จจริงทางวิทยาศาสตร์มากเกินไป ขาดการนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ จึงเริ่มนำการสืบเสาะมาใช้ในห้องเรียนโดยวิธีการดังกล่าว นักเรียนต้องเป็นผู้ลงมือกระทำ ปฏิบัติการทดลองเพื่อค้นคว้าหาคำตอบ และครูต้องเป็นผู้ช่วยเหลือกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการสืบค้น ต่อมาจอห์น ดิวอี้ได้ทำการศึกษาต่อจนค้นพบว่าการสืบเสาะในห้องเรียนต้องมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์และความสามารถทางสติปัญญาของนักเรียน

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ อยู่บนพื้นฐานทางจิตวิทยา 3 ประการ คือ 1) นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีเมื่อมีโอกาสได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง 2) การเรียนรู้จะเกิดได้ดีในสภาพแวดล้อมที่ยั่วยุให้นักเรียนอยากรู้ ครูต้องจัดกิจกรรมที่มีโอกาสได้ลงมือทดลอง และ 3) ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิดของตนเองมากที่สุด ซึ่งแนวคิดที่กล่าวมาสอดคล้องกับการสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivism) และสอดคล้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้นิยมเป็นแนวคิดทฤษฎีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เนื่องด้วยทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้นิยมมีแนวคิดสำคัญคือการที่นักเรียนพัฒนาความเข้าใจในการเรียนรู้ที่เกิดจากประสบการณ์ตรงโดยตัวนักเรียนเอง โดยความรู้จะถูกสร้างขึ้นภายในตัวของนักเรียน เพราะการเรียนรู้เป็นการสร้างความเข้าใจในความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางสังคมที่ให้คำอธิบายในความรู้นั้น ๆ ไม่ใช่ท่องจำจากสิ่งที่ผู้อื่นบอก ในการจัดการเรียนรู้แม้ว่าจะให้นักเรียนลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง แต่ครูต้องให้นักเรียนได้มีโอกาสสร้างความหมายของการเรียนรู้ด้วยตนเอง ดังนั้นนักเรียนจะต้องสืบเสาะ ค้นหา ตรวจสอบคำตอบด้วยวิธีการต่าง ๆ จนเกิดเป็นองค์ความรู้ของนักเรียน

1.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

จากการศึกษาเอกสารมีนักการศึกษาได้กล่าวถึงแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

สุทธิดา จำรัส (2560) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไม่ยึดติดรูปแบบหรือขั้นตอนที่แน่นอนในการจัดการเรียนรู้ สามารถปรับเปลี่ยน หรือประยุกต์ใช้ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ เช่น 3E 5E 7E แต่การจัดการเรียนรู้ที่เป็นที่นิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีรูปแบบขั้นตอนที่ชัดเจน ครูสามารถออกแบบการจัดการเรียนรู้และกำหนดลำดับของการเรียนรู้ได้ง่าย ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีทั้งประเภทปฏิบัติการและไม่ทำปฏิบัติการ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประเภทปฏิบัติการเน้นการปฏิบัติการทดลองที่ให้นักเรียนมีโอกาสคิดและลงมือปฏิบัติ โดยผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูล จัดกระทำข้อมูล แปลความหมาย และลงข้อสรุป มี 3 ประเภท คือ 1) การสืบเสาะแบบสำเร็จรูป 2) การสืบเสาะแบบแนะนำ และ 3) การสืบเสาะแบบเปิดกว้าง ส่วนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไม่ทำปฏิบัติการ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการปฏิบัติการทดลอง แต่ใช้วิธีการซักถามเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในสิ่งที่สงสัย มี 3 ประเภท คือ 1) การสืบเสาะแบบครูเป็นผู้สอบถาม 2) การสืบเสาะแบบนักเรียน

เป็นผู้สอบถาม และ 3) การสืบเสาะแบบผสม จากลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายระดับ ครูสามารถเลือกใช้ได้ตามระดับความสามารถของนักเรียน และในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ครูสามารถเลือกวิธีการจัดการเรียนรู้ได้หลายรูปแบบ เช่น 3E 5E และ 7E แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าแนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายแนวทาง ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนตายตัว สามารถเลือกและประยุกต์ใช้ได้ตามความเหมาะสม ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ เช่น 3E 5E 7E แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีนักการศึกษาได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

Bybee et al. (2006) ได้แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 นำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการแนะนำบทเรียนหรือประเด็นที่น่าสนใจมาจูงใจให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย นักเรียนเกิดการซักถามจากประเด็นปัญหาที่สงสัย ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น ทั้งนี้กิจกรรมในขั้นนี้ควรนำประเด็นที่นักเรียนมีพื้นฐานหรือประสบการณ์เดิมอยู่บ้าง

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจ (Exploration) ครูเป็นผู้ชี้แนะและมีหน้าที่เตรียมอุปกรณ์ไว้สำหรับนักเรียน กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการขยายความคิดโดยครูต้องไม่เน้นการอธิบายแนวคิดแต่จะให้นักเรียนดำเนินการสำรวจ เก็บข้อมูล บันทึกข้อมูล เพื่อสร้างคำอธิบายตามความเข้าใจของตนเอง

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย (Explanation) ครูแนะแนวทางเพื่อให้นักเรียนเกิดแนวคิดในบทเรียนโดยการร่วมมือกันระหว่างนักเรียนและครู ทำให้นักเรียนเกิดการปรับขยายทางความรู้ในบทเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นนี้มุ่งกระตุ้นให้เกิดการเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ในสิ่งที่นักเรียนเรียนรู้มาแล้ว และมีการให้นักเรียนประยุกต์ใช้สิ่งที่ได้เรียนรู้ผ่านการศึกษาค้นคว้า ตลอดจนการใช้ทักษะต่าง ๆ และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดกับผู้อื่น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นการทดสอบความรู้ของนักเรียนผ่านกระบวนการประเมินผล ซึ่งควรกระทำอย่างต่อเนื่องไม่จำเป็นต้องรอสิ้นสุดบทเรียน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.] (2544) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการพัฒนากระบวนการคิดระดับสูง โดยขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นเป็นดังนี้

1. การสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน อาจเกิดจากความสงสัยหรือความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องหรือเหตุการณ์จะเป็นตัวกระตุ้น

ให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ครูอาจจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้น หรือท้าทายให้นักเรียนตื่นเต้น สงสัย เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา การศึกษาค้นคว้า หรือการทดลอง

2. การสำรวจและค้นคว้า (Exploration) นักเรียนดำเนินการค้นหา สำรวจ ทดลอง และรวบรวมข้อมูล หรือออกแบบการทดลอง ลงมือปฏิบัติ เช่น สังเกต วัด ทดลอง รวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3. การอธิบาย (Explaination) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจและค้นหามาวิเคราะห์ แปลผล สรุปและอภิปราย พร้อมทั้งนำเสนอผลงานในรูปแบบต่างๆ ผลงานมีความหลากหลาย อาจจะ สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือโต้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ โดยมีการอ้างอิงความรู้ประกอบการให้เหตุผลอย่างสมเหตุสมผล

4 การขยายความรู้ (Elaboration)

4.1 ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ลึกซึ้งขึ้น หรือขยายกรอบความคิดกว้างขึ้น อาจเชื่อมโยงความรู้เดิมสู่ความรู้ใหม่หรือนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า ทดลอง เพิ่มขึ้น

4.2 นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม เช่น อธิบายและขยายความรู้เพิ่มเติม มีความละเอียดมากขึ้น อธิบายเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เป็นระบบ หรือสมบูรณ์ละเอียดขึ้น นำไปสู่ความรู้ใหม่ ประยุกต์ความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ

5. การประเมิน (Evaluation)

5.1 นักเรียนระบุสิ่งที่ได้เรียนรู้ทั้งด้านกระบวนการและผลผลิต

5.2 นักเรียนตรวจสอบความถูกต้องของความรู้ที่ได้รับ เช่น การวิเคราะห์วิจารณ์แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน

5.3 นักเรียนทราบจุดเด่น จุดด้อยในการศึกษาค้นคว้า หรือทดลองของตนเอง

ทิศนา แขมมณี (2554) กล่าวว่า กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีขั้นตอนดังนี้

1. ให้นักเรียนเผชิญปัญหาหรือสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความสงสัย ปัญหาที่ให้นักเรียนเผชิญนั้นควรเหมาะสมกับช่วงวัย ความสามารถและความสนใจของนักเรียน เพื่อก่อให้เกิดความอยากรู้ของนักเรียน

2. ให้เรียนแสดงความคิดเห็นต่อปัญหาหรือสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดความสงสัยโดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น หรือกระตุ้นให้เกิดความขัดแย้งเพื่อให้เกิดความแตกต่างทางความคิด เป็นการท้าทายให้นักเรียนพยายามแสวงหาคำตอบของปัญหาโดยการพิสูจน์ทดสอบความคิดของตนเอง

3. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนเพื่อแสวงหาความรู้ สมาชิกในกลุ่มจะต้องมีการวางแผนว่า จะแสวงหาข้อมูลได้อย่างไร แสวงหาข้อมูลที่ไหน เครื่องมือมีอะไรบ้าง ได้ข้อมูลนั้นมาอย่างไร

เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วจะวิเคราะห์ผลอย่างไร และจะสรุปผลอย่างไร ขั้นนี้ฝึกให้นักเรียนฝึกทักษะการสืบเสาะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการทำงานกลุ่ม โดยครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวกให้นักเรียน และให้คำแนะนำอื่น ๆ

4. ให้นักเรียนดำเนินการแสวงหาความรู้ นักเรียนดำเนินงานตามแผนที่ได้วางไว้ในขั้นวางแผน ครูติดตามการทำงานของนักเรียน

5. ให้นักเรียนวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผลข้อมูล นำเสนอและอภิปรายผล เมื่อกลุ่มได้รวบรวมข้อมูลมาแล้วให้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล โดยครูให้คำแนะนำในการวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล จากนั้นจึงให้นำเสนอผล และอภิปรายผลร่วมกัน

6. ให้นักเรียนกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องการสืบเสาะหาคำตอบต่อไป การร่วมกันสืบเสาะหาคำตอบของกลุ่มทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจ และได้รับคำตอบในสิ่งที่สงสัย แต่อาจจะพบประเด็นที่อาจทำให้เกิดความสงสัยในประเด็นอื่น ๆ ก็สามารถจัดการเรียนรู้โดยเริ่มต้นวงจรการเรียนรู้ใหม่ตั้งแต่ขั้นที่ 1 เป็นต้นไป ทั้งนี้ขึ้นกับความสนใจของนักเรียน

ปรีชาญ เดชศรี (2557) กล่าวว่า ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้น ดังนี้

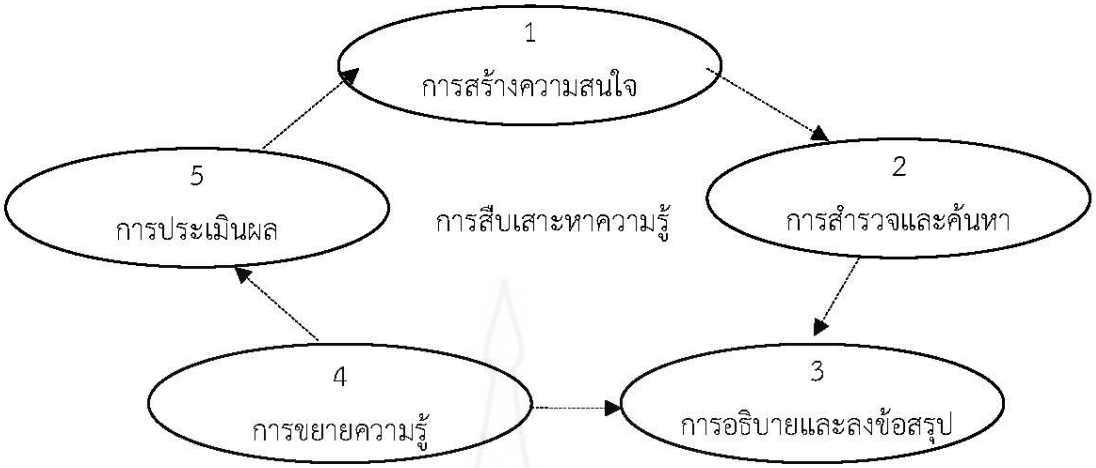
1. การนำเข้าสู่บทเรียนด้วยการสร้างความสนใจ ขั้นนี้เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจหรือสงสัย โดยอาจเชื่อมโยงกับความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและนำประเด็นไปสืบค้นหาคำตอบต่อไป

2. การสำรวจและค้นหา ขั้นนี้นักเรียนมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติเพื่อหาคำตอบและสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยอาจผ่านกิจกรรมการทดลอง ค้นคว้าหาข้อมูล หรือกิจกรรมอื่น ๆ

3. การอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นนี้เมื่อนักเรียนได้ค้นหาคำตอบแล้วก็จะนำไปสู่การแปลความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป โดยครูต้องฝึกให้นักเรียนเกิดการวิเคราะห์และนำเสนอผลการค้นหาคำตอบ

4. การลงรายละเอียดหรือขยายขอบเขตความรู้ ขั้นนี้นักเรียนมีโอกาสได้อภิปรายเพื่อให้เกิดความเข้าใจในแนวคิดหรือคำตอบที่ได้เรียนรู้มาอย่างลึกซึ้ง และยังเป็นการให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความรู้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น

5. การประเมินผลและการใช้ความรู้ ขั้นนี้เป็นการสะท้อนการคิดเพื่อให้นักเรียนเข้าใจเรื่องนั้นได้ดียิ่งขึ้น ในขั้นนี้อาจประเมินความรู้ได้ตลอดในระหว่างการเรียนรู้ ซึ่งสามารถเขียนแสดงเป็นวัฏจักรแสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กระบวนการสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ หรือเกิดคำถาม โดยยกสถานการณ์หรือปัญหา เพื่อนำไปสู่สิ่งที่ต้องการให้นักเรียนเรียนรู้หรือต้องการให้นักเรียนหาคำตอบ

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนสำรวจและค้นหาโดยการใช้ความคิดและลงมือปฏิบัติ ทำการทดสอบ และสังเกต เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบในสิ่งที่นักเรียนสงสัย โดยครูมีหน้าที่คอยอำนวยความสะดวก เตรียมอุปกรณ์ และชี้แนะแนวทาง เพื่อให้นักเรียนสามารถค้นหาคำตอบได้ด้วยตนเอง

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำเสนอความรู้จากที่นักเรียนค้นหาคำตอบ โดยมีการอภิปรายร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้จากประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจากค้นหาคำตอบ ตลอดจนมีอภิปรายแลกเปลี่ยนความรู้กับบุคคลอื่น เพื่อให้ได้ซึ่งความรู้ใหม่

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) ครูประเมินการเรียนของนักเรียนผ่านกระบวนการประเมินผล อาจกระทำอย่างต่อเนื่องไม่จำเป็นต้องรอให้สิ้นสุดบทเรียน

1.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีการกล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ดังนี้

Szesze (2001) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตามแนวคิด Szesze

ขั้น	ลักษณะกิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. สร้างความสนใจ (Engage)	สร้างสถานการณ์ที่ ยั่วยุ ท้าทาย หรือเชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม ที่จะนำไปสู่การสืบเสาะด้วยนักเรียนเอง	สร้างความสนใจสร้างความอยากรู้อยากเห็นตั้งคำถาม กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิด	ตั้งคำถาม หรือตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น กำหนดปัญหาที่ต้องการสืบเสาะให้ชัดเจน
2. สำรวจและค้นหา (Explore)	นักเรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง มีการตั้งสมมติฐาน พิจารณาข้อมูลและข้อเท็จจริงที่ปรากฏ วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ	เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์ ซักถามเพื่อนำไปสู่การสืบเสาะ ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน เป็นผู้อำนวยความสะดวกให้กับนักเรียน	คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในเนื้อหากิจกรรม ระดมความคิดเพื่อการสืบเสาะ ปฏิบัติการทดลอง บันทึกผล มีความกระตือรือร้นในการสืบเสาะ
3. อธิบายและลงข้อสรุป (Explain)	นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะมานำเสนอ	ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายผลทดลองด้วยแนวคิดของตนเอง กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายอย่างมีเหตุผล เชื่อมโยงประสบการณ์เดิมและใหม่ของนักเรียน	อธิบายผลการสืบเสาะที่ได้อย่างสอดคล้องกับข้อมูล ฟังการอธิบายของผู้อื่น และอภิปรายซักถามสิ่งที่ผู้อื่นอธิบาย
4. ขยายความรู้ (Elaborate)	ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ หรืออาจให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้	ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายอย่างละเอียด และขยายแนวความคิดของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนอภิปรายเพื่อขยายกรอบความรู้	ใช้ข้อมูลจากการสืบเสาะไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม นำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ขั้น	ลักษณะกิจกรรม	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
5. ประเมินผล (Evaluate)	มีการตรวจสอบความถูกต้องขององค์ความรู้ที่นักเรียนได้รับ	ถามคำถามเพื่อนำไปสู่การประเมิน	อธิบายคำตอบโดยใช้ข้อมูลที่มี ประเมินองค์ความรู้ของตนเอง

Bybee et al. (2006) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตามแนวคิดของ Bybee et al.

ขั้น	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- กระตุ้นความสนใจของนักเรียน - ตั้งประเด็นคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิด	- ถามคำถามจากสถานการณ์ของครู - สนใจต่อหัวข้อที่ศึกษา
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม - สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะปฏิบัติการ - ตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบของนักเรียน - ให้คำแนะนำแก่นักเรียน	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรมที่ศึกษา - สร้างและตรวจสอบสมมติฐาน - ค้นคว้าหาแนวทางในการแก้ปัญหาและอภิปรายร่วมกับผู้อื่น - บันทึกผลและให้ข้อคิดเห็น
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวความคิดด้วยคำพูดของตนเอง - ฝึกให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลจากหลักฐานที่มี - ฝึกให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมที่มีเป็นพื้นฐานในการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้	- อธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - ฟังคำอธิบายของผู้อื่นอย่างตริตรอง - ซักถามเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้อื่นอธิบาย - ฟังและพยายามทำความเข้าใจในสิ่งที่ครูอธิบาย - นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตในการอธิบาย

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ขั้น	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (ต่อ)		- ลงข้อสรุปอย่างมีเหตุผลจากหลักฐานที่ปรากฏ
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ - ฝึกให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลพร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้	- ประยุกต์ความรู้ที่ได้รับกับสถานการณ์ใหม่ - ใช้ข้อมูลที่ได้ศึกษามาตอบคำถามของปัญหา - ออกแบบการทดลองในสถานการณ์ใหม่ - ตรวจสอบความเข้าใจกับครูและเพื่อน
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	- สังเกตนักเรียนในการนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ - ประเมินความรู้ของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนเปลี่ยนความคิดไปจากเดิม - ฝึกให้นักเรียนประเมินตนเอง - ถามคำถามเพื่อประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน	- ตอบคำถามโดยใช้หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับ - แสดงว่ามีความรู้ และทักษะในสิ่งที่ได้เรียนรู้ - ประเมินความรู้ของตนเอง - ถามคำถามที่ส่งเสริมให้เกิดการสืบเสาะในประเด็นอื่นต่อไป

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2560) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

ขั้นตอนสำคัญ	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. การสร้างความสนใจ (Engage)	- จัดกิจกรรมเพื่อยั่วยุให้นักเรียนเกิดความอยากรู้ และเกิดการตั้งคำถาม ผ่านกิจกรรมการทดลอง หรือสถานการณ์ที่น่าสนใจ	- ตั้งคำถามหรือประเด็นปัญหา
2. การสำรวจและค้นหา (Explore)	- จัดกิจกรรมเพื่อให้นักเรียนได้สำรวจและค้นหาเพื่อหาคำตอบ	- นำข้อมูลที่เกี่ยวกับปัญหา มาจัดกระทำด้วยวิธีการต่าง ๆ
3. การอธิบายและลงข้อสรุป (Explain)	- ส่งเสริมให้นักเรียนนำข้อมูลมาวิเคราะห์ จัดกระทำข้อมูล เช่น สร้างตาราง หรือกราฟ และตั้งคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการวิเคราะห์และอภิปรายอย่างมีเหตุผล	- สร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง
4. การขยายความรู้ (Elaborate)	- จัดกิจกรรมเพื่อขยายความรู้ของนักเรียน โดยตั้งประเด็นให้นักเรียนได้มีโอกาสอภิปรายเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้น	- อธิบาย ตอบคำถาม นำเสนอเพื่อแสดงการเชื่อมโยงความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นกับความรู้เดิมที่มีอยู่
5. การประเมินผล (Evaluate)	- จัดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนได้ประเมินตนเอง เพื่อตรวจสอบความรู้ของตนเองกับนักเรียนคนอื่น ๆ	- ตอบคำถาม พูดอธิบาย ที่แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ตนเองได้ศึกษา และประเมินความรู้ของตนเอง

จากที่กล่าวมาสรุปบทบาทของครูและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นได้ดังนี้

บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

1. สร้างคำถามหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น
2. อำนวยความสะดวกหรือให้ข้อชี้แนะขณะนักเรียนสืบเสาะ
3. สังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน

4. กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้จากประสบการณ์และประสบการณ์ใหม่

5. ขยายองค์ความรู้ของนักเรียน โดยอาจให้นักเรียนนำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้

6. ตรวจสอบผลการเรียนรู้ของนักเรียน

บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

1. ตั้งคำถามจากประเด็นหรือสถานการณ์ของครู
2. ค้นคว้าหาวิธีการที่จะได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา
3. ปฏิบัติการทดลองเพื่อสืบเสาะ โดยทำการสังเกตและบันทึกผล
4. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะ และนำเสนอข้อมูล
5. เชื่อมโยงองค์ความรู้ของตนเองที่มีอยู่ระหว่างประสบการณ์เดิมและประสบการณ์ใหม่ที่ได้เรียนรู้
6. นำองค์ความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่และประเมินความรู้ของตนเอง

2. เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

2.1 ความหมายและขอบเขตของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีผู้ให้ความหมายและขอบเขตของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

เตชทัต เรืองธรรม (2559) กล่าวว่า เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic : SWH) คือ เทคนิคในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเขียนร่วมกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ โดยนักเรียนต้องระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และใช้ข้อมูลและความรู้เดิมที่มีอยู่มาสร้างข้อสรุปได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยก่อนการลงข้อสรุปนักเรียนจะต้องมีการอภิปรายเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่เข้าความรู้ใหม่ที่ได้รับ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

Burke, Greenbowe and Hand (2006) กล่าวว่า เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ คือ การเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการสืบค้นโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเขียนอธิบาย

Nam et al. (2010) กล่าวว่า เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ เป็นการพัฒนาการเรียนวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการโดยใช้การเขียนและให้ข้อโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

Nurnberg (2017) กล่าวว่า เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนหาคำตอบของคำถาม โดยอ้างถึงข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียน

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (Science Writing Heuristic : SWH) เป็นเทคนิคที่ใช้ร่วมกับกระบวนการสืบเสาะ โดยให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่สร้างจากการสืบเสาะมาสร้างเป็นข้อสรุป โดยนำข้อมูลที่ได้มาเป็นหลักฐาน และมีการสะท้อนความรู้ เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ให้กับนักเรียน

2.2 ความสำคัญและประโยชน์ของการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

Burke et al. (2006) กล่าวว่า การเขียนมีความสำคัญในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ การเขียนเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความเข้าใจตามแนวคิดของนักเรียนเอง ดังนั้นการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เป็นทางเลือก เพื่อให้นักเรียนเขียนรายงานผลการทดลองที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีอิสระทางความคิดก่อให้เกิดประโยชน์ดังนี้

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้นส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แบบอุปนัย
2. นักเรียนมีความรับผิดชอบในกระบวนการเรียนรู้เพิ่มขึ้น
3. กระตุ้นให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

Putti (2011) กล่าวว่า การใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์จะเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการกำหนดคำถามเพื่อใช้ในการสำรวจตรวจสอบโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากการบันทึกผลการทดลองแบบเดิม ๆ เพราะเป็นการสนับสนุนให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ และสะท้อนความคิดเห็น มีการเชื่อมโยงความรู้ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลองกับข้อสรุป เป็นการพัฒนาการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความสำคัญและประโยชน์ของการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนกำหนดปัญหา หาวิธีการสำรวจตรวจสอบเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบของปัญหา ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความสามารถในการเขียนอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2.3 หลักและวิธีการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

Burke et al. (2006) กล่าวว่าการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์จะทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง การบันทึกผลการทดลองทำให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงระหว่างผลการทดลองกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้ดี โดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1. อภิปรายก่อนการปฏิบัติการ เป็นการทำความเข้าใจกับนักเรียนเกี่ยวกับความปลอดภัยและเทคนิคในห้องปฏิบัติการที่นักเรียนควรรู้

2. คำถามเริ่มต้น เป็นการให้นักเรียนร่วมกันกำหนดปัญหาเพื่อปฏิบัติการการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาดังกล่าว

3. การทดสอบและการสังเกต เป็นการปฏิบัติการทดลองของนักเรียน และเก็บข้อมูลการทดลอง โดยข้อมูลที่นักเรียนบันทึกไว้จะใช้เป็นหลักฐานในการสนับสนุนคำตอบของนักเรียน

4. ข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน เป็นการถกเถียงและแสดงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและสังเกต

5. การสะท้อน เป็นการแลกเปลี่ยนคำตอบของนักเรียนกับกลุ่มอื่น ๆ เพื่อตรวจสอบแนวคิดของตนเอง

Poock, Burke, Greenbowe and Hand (2007) กล่าวว่า หลักการสำคัญในการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ คือ ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดคำถามเริ่มต้น พร้อมทั้งมีห้องปฏิบัติการที่เอื้อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

เตชทัต เรืองธรรม (2559) ได้กล่าวถึงหลักและวิธีการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ไว้ดังนี้

1. การกำหนดปัญหาหรือคำถาม (Beginning idea) นักเรียนในชั้นเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อกำหนดประเด็นปัญหาร่วมกันก่อนปฏิบัติการทดลอง

2. การทดสอบ (Tests) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง

3. การสังเกต (Observation) ครูให้คำแนะนำเกี่ยวกับการปฏิบัติการทดลองและให้นักเรียนสังเกตพร้อมทั้งรวบรวมผลการทดลอง

4. ข้อสรุป (Claim) นักเรียนร่วมกันพิจารณาอภิปรายข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เพื่อตอบคำถามที่กำหนดไว้พร้อมทั้งระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลอง

5. ประจักษ์พยาน (Evidence) ให้นักเรียนระบุประจักษ์พยานที่ได้จากการทดลองเพื่อสนับสนุนข้อสรุป

6. การอ่าน (Reading) นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเองโดยเปรียบเทียบจากเพื่อนร่วมห้องหรือศึกษาจากเอกสารตำราเรียนอื่น ๆ แล้วนำมาอธิบายเชื่อมโยงกับผลการทดลองที่เกิดขึ้น

7. การสะท้อนความคิด (Reflection) แนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่เมื่อได้อภิปรายร่วมกับเพื่อน ๆ รวมทั้งข้อมูลที่ได้จากเอกสารตำราเรียน

8. การเขียน (Writing) นักเรียนเขียนอธิบายความเข้าใจ บนพื้นฐานข้อมูลที่ได้จากการทดลองซึ่งเป็นการเชื่อมโยงระหว่างประจักษ์พยานหรือหลักฐานและข้อสรุป

Putti (2011) ได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. คำถามเริ่มต้น (Beginning Question)

2. การสร้างความเข้าใจในการใช้ห้องปฏิบัติการ (Safety Considerations)
3. ออกแบบการทดลอง (Procedure)
4. การสังเกต การบันทึกผล
5. การลงข้อสรุป
6. ประจักษ์พยาน
7. การอ่านและการสะท้อนความคิด
8. การสะท้อนคำถาม (Reflection Question)

Nurnberg (2017) ได้เปรียบเทียบการบันทึกผลการทดลองโดยใช้การบันทึกผลการทดลองแบบดั้งเดิมกับการบันทึกผลการทดลองโดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์โดยแสดงในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบการบันทึกผลการทดลองโดยใช้การบันทึกผลการทดลองแบบดั้งเดิมกับการบันทึกผลการทดลองโดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์

รูปแบบการบันทึกผลการทดลองแบบดั้งเดิม	**รูปแบบการบันทึกผลการทดลองโดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)**
1. ชื่อเรื่องและวัตถุประสงค์ : นักเรียนจะปฏิบัติการทดลองเรื่องอะไรและมีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร	1. คำถามเริ่มต้น : นักเรียนเป็นคนกำหนดคำถามเริ่มต้น
2. ขั้นตอนการทดลอง : มีวิธีการทดลองอย่างไร	2. การทดสอบ : ต้องการทดสอบเพื่ออะไร และวิธีการใดที่จะนำมาซึ่งคำตอบของคำถาม
3. ผลการทดลอง : สังเกตเห็นอะไร	3. ข้อสังเกต : สังเกตเห็นอะไรจากการทดสอบที่จะนำไปสู่คำตอบ
4. การอภิปรายผล : นำผลการทดลองที่ได้มาแลกเปลี่ยนในแง่ของความสัมพันธ์ต่าง ๆ	4. ข้อกล่าวอ้าง : ข้อกล่าวอ้างใดที่จะนำไปสู่การตอบคำถาม
5. สรุปผลการทดลอง : นำผลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์และประเมินค่าเพื่อนำไปสู่การสรุปข้อมูล	5. หลักฐาน : หลักฐานใดทำให้ได้ข้อกล่าวอ้างซึ่งเป็นคำตอบ
	6. การสะท้อน : ความคิดของตนเองเป็นอย่างไรเมื่อเปรียบเทียบกับคนอื่น และเมื่อได้ศึกษาความคิดของผู้อื่น ความคิดของตนเองเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่อย่างไร

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าหลักการและวิธีการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์เป็นดังนี้ 1) การกำหนดปัญหา (Beginning idea) นักเรียนในห้องเรียนร่วมกันกำหนดปัญหาหรือคำถามเริ่มต้นในสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ 2) การทดสอบ (Tests) นักเรียนออกแบบการทดลอง พร้อมตารางบันทึกผลการทดลอง หรือนักเรียนทำการทดลอง 3) การสังเกต (Observation) นักเรียนปฏิบัติการทดลอง สังเกต และบันทึกผลการทดลอง 4) ข้อสรุป (Claim) นักเรียนสร้างข้อสรุปเพื่อตอบปัญหาหรือคำถามเริ่มต้น โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตหรือการบันทึกผลการทดลอง 5) ประจักษ์พยาน (Evidence) ให้นักเรียนระบุหลักฐานหรือข้อมูลที่ได้จากการทดลองในการสนับสนุนข้อสรุปของนักเรียน 6) การอ่าน (Reading) นักเรียนอ่านข้อสรุปของผู้อื่นหรือแหล่งความรู้อื่น ๆ เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง 7) การสะท้อนความคิด (Reflection) นักเรียนเขียนสะท้อนความคิดว่าความคิดเปลี่ยนแปลงไปหรือไม่เมื่อได้อ่านข้อสรุปของผู้อื่น และ 8) การเขียน (Writing) นักเรียนเขียนอธิบายความเข้าใจซึ่งเป็นการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้ข้อมูลสร้างข้อสรุปและมีหลักฐานยืนยันข้อสรุป พร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

Poock et al. (2007) กล่าวเกี่ยวกับบทบาทของครูและนักเรียนไว้ว่าครูจะต้องสำรวจความเข้าใจเริ่มต้นของนักเรียน ก่อนกิจกรรมการทดลอง ให้นักเรียนเขียนขั้นตอนการทดลอง เปิดโอกาสให้นักเรียนระดมความคิด มีส่วนร่วมในกิจกรรมในห้องปฏิบัติการ เปิดโอกาสให้นักเรียนเขียนอธิบายความคิดตามความเข้าใจของนักเรียนเอง ให้นักเรียนแบ่งปันความรู้ระหว่างกลุ่มเพื่อน พร้อมทั้งเปรียบเทียบความเข้าใจของนักเรียนกับในตำราเรียน และให้นักเรียนเขียนสะท้อนความคิด ส่วนนักเรียนนั้นก่อนการปฏิบัติการทดลองจะต้องกำหนดคำถาม เพื่อหาแนวทางในการทดสอบ ขณะทดสอบต้องมีการสังเกตบันทึกข้อมูลสำหรับใช้เป็นหลักฐานเพื่อนนำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง และมีการแลกเปลี่ยนความคิดกับบุคคลอื่นพร้อมทั้งสะท้อนความคิดของตนเอง

Putti (2011) กล่าวว่า บทบาทของครูและนักเรียนในเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

บทบาทของครู

1. สำรวจความเข้าใจของนักเรียนก่อนการเรียนรู้
2. เปิดโอกาสให้นักเรียนออกแบบการทดลอง
3. ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง
4. ให้นักเรียนเขียนสรุปตามความเข้าใจของตนเอง
5. ให้นักเรียนเขียนสรุปเมื่อเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดในกลุ่ม
6. ให้นักเรียนเขียนสรุปเมื่อได้ศึกษาจากเอกสารตำราเรียน
7. ให้นักเรียนเขียนความเข้าใจของตนเอง

บทบาทของนักเรียน

1. กำหนดคำถามเริ่มต้น
2. ออกแบบการทดลอง
3. ปฏิบัติการทดลองและสังเกต
4. นักเรียนเขียนข้อสรุปโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต
5. นักเรียนระบุหลักฐานที่สอดคล้องกับข้อสรุป
6. การอ่าน อ่านข้อสรุปของเพื่อน ๆ และเอกสารตำราเรียนอื่น ๆ
7. เขียนสะท้อนความคิดเห็นตามความเข้าใจ

Nam et al. (2010) ได้ร่วมกันกำหนดบทบาทของครูและนักเรียนในการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ โดย Nam et al.

บทบาทของครู	**บทบาทของนักเรียน**
กิจกรรมก่อนการทดลอง : ครูให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ ทบทวนความรู้เดิม กระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถาม หรือข้อตกลงเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการ	นักเรียนร่วมกันกำหนดคำถาม
การมีส่วนร่วม : ครูกระตุ้นให้นักเรียนดำเนินการค้นหาคำตอบ	นักเรียนดำเนินการค้นหาคำตอบ ผ่านการสังเกต และเก็บรวบรวมข้อมูล
ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการอภิปรายเพื่อสร้างข้อสรุปด้วยตนเอง	นักเรียนสร้างข้อสรุป
ครูกระตุ้นให้นักเรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับข้อมูลเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการอธิบายข้อสรุป โดยให้นักเรียนศึกษาของเพื่อนคนอื่น ๆ	นักเรียนทำความเข้าใจกับหลักฐาน
ครูให้นักเรียนศึกษาเอกสารตำราเรียนเพื่อเปรียบเทียบข้อสรุปของตนกับเอกสารตำราเรียน ครูให้นักเรียนสะท้อนความคิด	นักเรียนอ่านทำความเข้าใจบทสรุปของเพื่อนหรือเอกสารตำราเรียนและสะท้อนความคิด
ครูกระตุ้นให้นักเรียนเขียนอธิบายสิ่งที่นักเรียนได้ค้นคว้าโดยการเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุป กับหลักฐาน	นักเรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าบทบาทของครูในการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ คือ ครูต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนกำหนดปัญหาหรือคำถามเริ่มต้น ออกแบบการทดลอง และลงมือปฏิบัติการทดลอง กระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการหาคำตอบ สร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผล และเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลจากภายนอกห้องเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเองและนำไปสู่การเขียนอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ส่วนบทบาทของนักเรียน คือ เป็นผู้กำหนดคำถามที่จะไปนำสู่การทดลองเพื่อสร้างข้อสรุป โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาใช้เป็นประจักษ์พยาน และมีการแลกเปลี่ยนความรู้กับบุคคลอื่น พร้อมทั้งค้นหาความรู้ภายนอกห้องเรียน สะท้อนความคิดของตนเอง และเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีผู้ให้ความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สรุปได้ ดังนี้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ ผลการเรียนรู้ที่เกิดจากกระบวนการการจัดการเรียนรู้ที่ทำให้พฤติกรรมของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม โดยผลการเรียนรู้ที่แสดงออกมาสามารถแบ่งเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย

สสวท (2544) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ สามารถประเมินได้โดยการแสดงออกของนักเรียนด้านความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ขนาดของความสำเร็จของนักเรียนที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

ธงชัย ชิวปรีชา (2550) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมอันพึงประสงค์ที่เกิดจากการเรียนรู้ในด้านสติปัญญา หรือความรู้ในวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยคลอปเฟอร์ (Klopfer) แบ่งการประเมินการเรียนรู้ในด้านสติปัญญาออกเป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ความรู้ความจำ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถจดจำข้อเท็จจริง คำศัพท์ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ ข้อตกลง ลำดับขั้น ประเภท เทคนิคและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ หลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถระบุความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่หรือความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์

3. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถสืบเสาะ ค้นหา จนเกิดการรับรู้และสร้างความรู้อย่างมีความหมาย

4. การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

ศิริชัย กาญจนวสี (2554) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นผลการเรียนรู้ตามที่ได้กำหนดไว้ล่วงหน้า เกิดจากระบวนการเรียนรู้ในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

ประสาท เนืองเฉลิม (2558) กล่าวว่า ขอบเขตของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ครอบคลุม 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive) วัดได้จากพฤติกรรม 4 ด้าน คือ ความรู้ ความเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

2. ด้านจิตพิสัย (Affectivedomain) เป็นการพิจารณาจากพฤติกรรมด้านความรู้สึกอารมณ์ การยอมรับนับถือ โดยความรู้สึกส่วนใหญ่มักจะวัดในด้านเจตคติ หรืออาจจะเป็นความพึงพอใจ

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomator domain) ในด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มักจะนิยมวัดทักษะการใช้เครื่องมือในปฏิบัติการ หรือทักษะในการปฏิบัติการทดลองได้อย่างปลอดภัย

สมคิด พรมจุ้ย (2560) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นพฤติกรรมด้านพุทธิ-พิสัย ซึ่งการวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom) ตามแนวคิดเดิม จำแนกออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ความรู้ความจำ (Knowledge) คือหมายถึง ความสามารถทางสมองในการรับรู้ รักษาความรู้ และระลึกถึงสิ่งที่เคยได้เรียนรู้มา เป็นความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้โดยตรงตามคำบรรยายเอกสารตำราเรียน

2. ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการคิดในการนำความรู้ที่ได้รับมาทำให้มีความหมายมากขึ้นโดยผ่านการอธิบาย ระบุความสัมพันธ์หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ ผ่านการแปลความ การตีความ และการขยายความ

3. การนำไปใช้ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้ไปแก้ปัญหาหรือนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แปลกใหม่ แต่อาจใกล้เคียงกับสถานการณ์เดิม

4. การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราว หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นว่าประกอบด้วยส่วนย่อยอะไรบ้าง เพื่อสามารถบอกถึงความสำคัญของส่วนย่อยและเชื่อมความสัมพันธ์ของส่วนย่อยเข้าด้วยกัน

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการรวบรวมส่วนย่อยให้เป็นส่วนรวม เกิดเป็นองค์รวมใหม่ที่กลมกลืนและมีความหมาย

6. การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง ความสามารถในการตีค่าหรือตัดสินคุณค่าของสิ่งต่าง ๆ ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้

สมคิด พรมจุ้ย (2560) กล่าวว่า พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูมตามแนวคิดที่มีการปรับปรุงใหม่ ในปี 1990 โดยแอนเดอร์สันและแครทโวห์ท สามารถจำแนกออกเป็นระดับ 6 ดังนี้

1. จำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการระลึกเรื่องราวที่ได้รับการเรียนรู้มาแล้ว

2. เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถในการเข้าใจเรื่องราวที่ได้เรียนรู้มาแล้วผ่านการแปลความหมาย

3. ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่แปลกใหม่

4. วิเคราะห์ (Analysing) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวออกเป็นส่วนย่อย หรือเปรียบเทียบ

5. ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการวิจารณ์ ตัดสินเรื่องราวต่าง ๆ โดยอาศัยมาตรฐานที่กำหนด

6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ โดยนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ไปวางแผน ผลิตเป็นอย่างอื่น

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความหมายและขอบเขตของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ดังนี้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านสติปัญญาของนักเรียนในกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักการศึกษาส่วนใหญ่ได้กล่าวไว้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นพฤติกรรมของนักเรียนด้านพุทธิพิสัย ตามแนวคิดของบลูมที่มีการปรับปรุงใหม่ ซึ่งประกอบไปด้วย จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ ประเมินค่า และคิดสร้างสรรค์

3.2 ประเภทเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) กล่าวว่า เครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบทดสอบปรนัยแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. แบบถูกผิด (True-false) เป็นแบบทดสอบที่ให้ผู้ตอบระบุว่าข้อความที่กำหนดให้ถูกหรือผิด

2. แบบจับคู่ (Matching) เป็นแบบทดสอบที่กำหนดข้อความไว้ 2 ส่วนให้มีความสอดคล้องสัมพันธ์กัน แล้วให้ผู้ตอบจับคู่ความสัมพันธ์นั้น ในการสร้างแบบทดสอบแบบจับคู่ควรพิจารณาดังนี้

2.1 คำถามกับคำตอบที่สัมพันธ์กัน เมื่อนำมาจับคู่กันแล้วต้องอ่านได้ใจความที่ชัดเจนหรือสอดคล้องกันอย่างชัดเจน

2.2 เรื่องราวในแบบทดสอบควรเป็นเรื่องราวเดียวกัน

2.3แบบทดสอบแต่ละชุดควรมีคำถามระหว่าง 5 – 8 ข้อ

2.4หากมีคำตอบที่ใช้ซ้ำกันได้ ควรระบุอย่างชัดเจน

3. แบบเติมคำ (Completion type) แบบทดสอบชนิดนี้จะเว้นช่องว่างไว้ให้เติมคำหรือข้อความสั้น ๆ ซึ่งข้อความที่เว้นนั้นเป็นข้อความที่สำคัญของประโยค แบบทดสอบแบบเติมคำ มีข้อควรระวังต่อไปนี้

3.1ข้อสอบในหนึ่งข้อควรให้เติมคำเพียงแค่ที่เดียว

3.2คำที่จะเติมควรอยู่ในส่วนท้ายของประโยค

3.3เว้นที่ว่างให้มีความกว้างพอกับคำตอบที่ให้เขียนตอบ

3.4ไม่ควรใช้คำที่ชี้นำคำตอบ

4. แบบเลือกตอบ (Multiple choice) แบบทดสอบชนิดจะมีคำตอบให้เลือก 4 – 5 ตัวเลือก โดยคำตอบที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดจะมีเพียงคำตอบเดียว

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2560) กล่าวว่า ในการวิจัยนักวิจัยต้องสร้างเครื่องมือวิจัยให้เหมาะสมกับปัญหาวิจัย ซึ่งเครื่องมือในการวิจัยมีหลายประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบ หมายถึง ข้อความที่สร้างขึ้นอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ผู้สอบตอบคำถามและมีการให้คะแนน ซึ่งคะแนนจะเป็นตัวบ่งชี้ความสามารถของผู้ทำแบบทดสอบ แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือใช้วัดความรู้ในด้านเนื้อหา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายลักษณะ ดังนี้

ก. ข้อสอบแบบถูก-ผิด ให้ผู้สอบเลือกตอบว่าข้อความที่กำหนดให้ถูกหรือผิด

ข. ข้อสอบแบบจับคู่ ให้ผู้สอบจับคู่ความสัมพันธ์จากตัวเลือกที่กำหนดให้

ค. ข้อสอบแบบเลือกตอบ ให้ผู้สอบเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดจากตัวเลือกที่กำหนดให้

ง. ข้อสอบแบบเติมคำ ให้ผู้สอบเขียนคำ หรือวลีสั้น ๆ ลงในช่องว่างที่กำหนดให้

จ. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ ให้ผู้สอบตอบคำถามที่กำหนดให้ตอบเป็นประโยคให้ได้ใจความตามที่กำหนด

ฉ. ข้อสอบแบบอัตนัย ให้ผู้สอบเขียนคำตอบ โดยใช้ในกรณีที่ไม่สามารถใช้ข้อสอบแบบปรนัยได้ เช่น วัดความสามารถในการวิเคราะห์

1.2 แบบทดสอบวัดความถนัด เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความสามารถที่ซ่อนเร้นอยู่ภายในของนักเรียน

2. มาตรวัด เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดเจตคติ ค่านิยม ความคิดเห็น ที่ไม่สามารถใช้แบบทดสอบวัดได้ ซึ่งมาตรวัดเป็นการกำหนดค่าของตัวเลข โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อวัดตัวแปร ซึ่งมาตรวัดจะไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด

3. แบบสอบถาม เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบไปด้วยข้อคำถามที่ให้ผู้ตอบอ่านและตอบคำถามด้วยตนเอง

4. แบบสัมภาษณ์ เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีการสื่อสารระหว่างผู้สัมภาษณ์และผู้ให้สัมภาษณ์ แบบสัมภาษณ์จะประกอบไปด้วยข้อมูลเกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดเห็นและเจตคติ แบบสัมภาษณ์มีข้อจำกัดเนื่องจากต้องใช้เวลาและค่าใช้จ่าย แต่ก็ไม่มีวิธีการใดที่จะเก็บรวบรวมข้อมูลบางอย่างได้ดีเท่าการสัมภาษณ์

5. แบบสังเกต เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บข้อมูลที่ผู้สังเกตเป็นผู้บันทึกสิ่งที่เกิดขึ้นจากการเห็นในสถานการณ์จริง ในการสังเกตจะต้องมีการกำหนดกลุ่มหรือสิ่งที่ต้องการสังเกตอย่างชัดเจน เพื่อให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการสังเกต

สมคิด พรมจุ้ย (2560) กล่าวว่า ประเภทของเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Selected-response test) ผู้สร้างแบบทดสอบจะให้ผู้สอบตอบเป็นคำหรือวลีสั้น ๆ คำตอบต้องเป็นปรนัย การให้คะแนนมีความชัดเจนในการแปลความหมายของคะแนน โดยแบบทดสอบในลักษณะนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น

1.1 แบบทดสอบแบบถูก-ผิด เป็นการวัดความสามารถของผู้สอบโดยให้ระบุว่าข้อความที่กำหนดให้ถูกหรือผิด (True-false) ใช่หรือไม่ใช่ (yes or no) เห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วย (agree or disagree) ลักษณะข้อสอบแบบนี้จึงมีคำตอบให้เลือกเพียง 2 คำตอบเท่านั้น ในการสร้างข้อสอบแบบถูกผิดมีหลักเกณฑ์ดังนี้

ก. ข้อความที่ต้องการให้พิจารณาว่าถูกหรือผิด ต้องเป็นแนวความคิดเดียว

ข. เนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่นำมาทดสอบต้องเหมาะสมกับระดับของนักเรียน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ไม่ทำให้เกิดความสับสน

ค. ไม่ใช่คำหรือข้อความที่ชี้นำคำตอบ

ง. ข้อความแต่ละข้อควรให้มีความยาวใกล้เคียงกัน

จ. ข้อความแต่ละข้อควรให้มีความยาวใกล้เคียงกัน

ฉ. เขียนคำสั่งและข้อความที่เป็นทั้งคำถาม คำตอบให้ชัดเจน

1.2 แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching) ประกอบด้วยคำหรือข้อความ 2 ส่วน ให้เลือกจับคู่กัน ส่วนที่ 1 คือ ปัญหาที่เขียนเป็นคำหรือข้อความ ซึ่งเป็นแนวคิดหลัก จะเป็นคำถามที่เรียงไว้เป็น

แนวตั้ง 1 แถว และส่วนที่ 2 คือ คำตอบซึ่งเป็นคำหรือข้อความที่สัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกับปัญหาเขียนเรียงไว้เป็นแนวตั้งอีก 1 แถว ซึ่งจำนวนของคำตอบอาจมีมากกว่าจำนวนคำถามก็ได้

1.3 แบบทดสอบแบบเติมคำ โดยให้ผู้ตอบ ตอบคำถามหรือเติมคำในข้อความที่กำหนดให้สมบูรณ์โดยการเติมคำหรือข้อความลงในช่องว่างให้สมบูรณ์ โดยแนวในการสร้างแบบทดสอบแบบเติมคำเป็นดังนี้

ก. ไม่ควรสร้างคำถามโดยลอกเลียนสถานการณ์ที่มีอยู่ในหนังสือ

ข. คำหรือข้อความที่ขาดหายหรือเว้นไว้ให้เติม จะต้องมีความเฉพาะเจาะจง เป็นข้อความที่สั้นและมีความชัดเจนเพียงพอที่ทำให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน

ค. คำหรือข้อความที่ขาดหาย ควรมีความหมายหรือมีความสำคัญ แต่ควรเว้นช่องว่างไว้ให้มีความกว้างใกล้เคียงกันทุกข้อ

ง. แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice) โดยให้ผู้สอบเลือกคำตอบที่ถูกต้อง หรือคำตอบที่ดีที่สุด เหมาะสมที่สุดหรือถูกที่สุด จากตัวเลือกที่กำหนดให้ ลักษณะของแบบทดสอบมี 2 ส่วนที่สำคัญ คือ คำถาม (Stem) เป็นข้อความที่กระตุ้นจูงใจให้ผู้สอบค้นหาคำตอบ และตัวเลือก (Choice) เป็นส่วนที่เป็นไปได้ในการตอบคำถาม แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ตัวถูกหรือคำตอบ (Correct choice) และตัวลวง โดยทั่วไปตัวเลือกกำหนดให้มี 3-5 ตัวเลือก ซึ่งขึ้นอยู่กับช่วงวัยหรือระดับชั้นของนักเรียน

2. แบบทดสอบแบบเขียนตอบ ประกอบด้วยคำถามและให้ผู้ตอบเขียนคำตอบจากคำถามที่กำหนดให้เป็นการเขียนในลักษณะความเรียง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความรู้ความสามารถในการคิดระดับสูงในลักษณะการสรุปความ การเปรียบเทียบ หรือการนำความรู้ไปใช้ มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถในด้านการเขียน การจัดระเบียบความรู้ การเชื่อมโยงความคิด การแสดงความคิดเห็น การวิพากษ์วิจารณ์ การจัดลำดับขั้นตอนในการปฏิบัติงาน และการแก้ปัญหา ในการเขียนบรรยายความเรียงอาจมีแผนภูมิ กราฟ ตาราง หรือภาพประกอบ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัญหาหรือเนื้อหาสาระ โดยแบบทดสอบแบบเขียนตอบแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1 คำถามแบบจำกัดคำตอบ (Restricted response questions) เป็นคำถามที่จำกัดทั้งเนื้อหาและคำตอบ การจำกัดเนื้อหาเป็นการกำหนดขอบเขตที่จะให้คำตอบ ส่วนการจำกัดคำตอบจะกำหนดขอบเขตของการตอบไว้ในคำถามแต่ละข้อ

2.2 คำถามแบบขยายคำตอบ เป็นคำถามที่ไม่จำกัดขอบเขตให้ตอบ ผู้สอบสามารถเลือกข้อความรู้และนำความรู้เหล่านั้นมาจัดระบบให้ดีที่สุดแล้วนำมาเขียนตอบ โดยสามารถตอบได้อย่างเสรี สามารถแสดงความคิดเห็น อธิบาย บรรยาย อภิปรายได้อย่างเต็มที่ ในคำถามมักจะมีคำว่า จงอธิบาย อภิปราย เปรียบเทียบ วิเคราะห์ แสดงความคิดเห็น ออกแบบการทดลอง วางแผนแก้ปัญหา เป็นต้น

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์ (2561) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบเป็นชุดคำถามที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ สติปัญญาของแต่ละบุคคล ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมาอย่างมีระบบเพื่อกระตุ้นให้ผู้ตอบแสดงพฤติกรรมที่ตอบสนองกับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการวัด ซึ่งแบบทดสอบมีหลายรูปแบบแต่นิยมแบ่งตามลักษณะของการตอบเป็น 2 แบบ คือ คำถามแบบปรนัย และคำถามแบบอัตนัยหรือความเรียง

1. คำถามแบบปรนัย เป็นคำถามที่มีความชัดเจนในเรื่องของข้อคำถาม ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน และความชัดเจนในการแปลความหมายของคะแนน ซึ่งแบบทดสอบมีหลายรูปแบบ เช่น คำถามแบบถูกผิด คำถามแบบเลือกตอบหรือแบบหลายตัวเลือก คำถามแบบจับคู่ และคำถามแบบเติมคำ

2. คำถามแบบอัตนัยหรือความเรียง เป็นคำถามที่ให้ผู้ตอบเขียนคำตอบเป็นความเรียงในลักษณะของการบรรยายความ คำถามแบบอัตนัยเหมาะกับการวัดความรู้ในขั้นสูง แบ่งได้ 2 รูปแบบ คือ คำถามแบบจำกัดความยาว และคำถามแบบไม่จำกัดความยาว

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าประเภทเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีดังนี้ 1) แบบเลือกตอบ โดยมีตัวเลือกให้นักเรียน 4-5 ข้อ ซึ่งตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุดมีเพียงคำตอบเดียว 2) แบบถูกผิด เป็นการให้ผู้สอบระบุว่าข้อความที่กำหนดให้ถูกหรือผิด 3) แบบจับคู่ มีข้อความอยู่สองส่วน ผู้สอบจะต้องจับคู่ข้อความสองส่วนที่กำหนดให้ให้สัมพันธ์กัน 4) แบบเติมคำ ให้ผู้สอบตอบคำถามโดยการเขียนเติมคำหรือข้อความสั้น ๆ และ 5) แบบอัตนัยหรือความเรียง โดยผู้สอบจะต้องตอบคำถามในลักษณะการบรรยายความ ซึ่งการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะเน้นการวัด และประเมินจากสภาพจริงที่นักเรียนได้แสดงออกมา และจะต้องวัดให้ครอบคลุมทั้งในส่วนเนื้อหาความรู้ และส่วนของทักษะกระบวนการ ดังนั้นจำเป็นต้องใช้เครื่องมือในการวัดที่ครอบคลุม จึงเลือกใช้แบบทดสอบแบบปรนัย แบบเลือกตอบ เพื่อให้ผลการประเมินมีความน่าเชื่อถือ และนำไปใช้ประโยชน์ในการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนหรือศักยภาพของนักเรียนต่อไป

3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2560) ได้กล่าวเกี่ยวกับการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. วิเคราะห์คุณลักษณะที่ต้องการวัด

2. กำหนดความหมายหรือนิยามคุณลักษณะ ในการสร้างเครื่องมือจะต้องสร้างให้สอดคล้องตามนิยามคุณลักษณะที่กำหนดไว้

3. เลือกวิธีการและชนิดของเครื่องมือวิจัย การเลือกวิธีการและชนิดของเครื่องมือวิจัยจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับนิยามคุณลักษณะที่กำหนดไว้

4. สร้างเครื่องมือและเขียนข้อคำถาม การเขียนข้อคำถามจะต้องสอดคล้องกับนิยามคุณลักษณะที่กำหนดไว้

5. พิจารณาทบทวนข้อคำถาม เป็นการตรวจสอบว่าข้อคำถามที่สร้างขึ้นสอดคล้องกับเนื้อหาตามนิยามที่กำหนดไว้หรือไม่ หากไม่สอดคล้องจะต้องปรับปรุงให้ครบถ้วน

6. จัดทำต้นฉบับของเครื่องมือวิจัย นำข้อคำถามที่สร้างขึ้นจัดเป็นฉบับเพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

7. ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย โดยดำเนินการดังนี้

7.1 ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยก่อนนำไปทดลองใช้ โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามคุณลักษณะที่ต้องการวัด อาจให้บุคคลที่เป็นนักวิจัยร่วม หรือผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยวชาญในด้านนั้นเป็นผู้ตรวจสอบ

7.2 ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือโดยนำไปทดลองใช้ โดยนำเครื่องมือวิจัยที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพโดยผู้ทรงคุณวุฒิไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย เพื่อตรวจสอบความเป็นปรนัยของข้อคำถาม และปรับปรุงเครื่องมือวิจัยให้มีความเหมาะสม

8. ทำคู่มือการใช้เครื่องมือวิจัย เป็นการบอกวิธีการใช้เครื่องมือ เกณฑ์การตรวจให้คะแนนเพื่อให้บุคคลอื่นที่มีความสนใจนำไปใช้

สมคิด พรมจุ้ย (2560) ได้กล่าวเกี่ยวกับการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องมือ ในการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ต้องกำหนดให้ชัดเจนว่าสร้างเครื่องมือเพื่อวัตถุประสงค์ใด การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนจะทำให้สามารถกำหนดลักษณะของแบบทดสอบ หรือลักษณะข้อคำถามได้

2. กำหนดสิ่งที่ต้องการวัด เป็นการวิเคราะห์ว่าสิ่งที่ต้องการวัดมีขอบเขตของเนื้อหาสาระอย่างไร ในการวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

3. กำหนดลักษณะของเครื่องมือ การเลือกเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนควรเลือกเครื่องมือให้เหมาะสมกับลักษณะของนักเรียน

4. จัดทำแผนผังการสร้างเครื่องมือ (Blueprint) ซึ่งเป็นตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อกำหนดจำนวนข้อ กำหนดวัตถุประสงค์ และพฤติกรรมที่ต้องการวัด โดยตารางแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อหา และส่วนที่เป็นพฤติกรรมตามจุดมุ่งหมายด้านพุทธิพิสัย

5. จัดทำเครื่องมือฉบับร่าง โดยการเขียนข้อคำถาม คำชี้แจงในการตอบ จัดเรียงข้อคำถาม กำหนดเวลาในการสอบ พร้อมทั้งกำหนดวิธีการตรวจให้คะแนน และกำหนดวิธีการสรุปผลการสอบ เมื่อจัดทำเครื่องมือฉบับร่างเรียบร้อยแล้ว ผู้จัดทำควรนำเครื่องมือไปตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นโดยผู้เชี่ยวชาญในประเด็นความตรงของข้อคำถาม ความเป็นปรนัย จำนวนคำถามสอดคล้องกับแผนผังการสร้างเครื่องมือ

6. ตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เมื่อจัดทำเครื่องมือฉบับร่างและผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญเบื้องต้นแล้ว และนำไปตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

6.1 ความตรง การตรวจสอบความตรงจะขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือ แบ่งเป็นความตรงเชิงเนื้อหา และความตรงเชิงโครงสร้าง

6.2 ความเที่ยง การตรวจสอบความเที่ยงเป็นการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือทั้งฉบับ สามารถตรวจสอบได้หลายวิธี เช่น วิธีวัดซ้ำ หาความสอดคล้องภายใน ใช้แบบทดสอบคู่ขนาน ใช้ผู้สังเกต

6.3 ความยาก การตรวจสอบความยากเป็นการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อ เพื่อดูว่าข้อคำถามแต่ละข้อมีความยากเหมาะสมหรือไม่

6.4 อำนาจจำแนก การตรวจสอบอำนาจจำแนก เป็นการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือรายข้อ ค่าอำนาจจำแนกสามารถจำแนกกลุ่มผู้สอบระหว่างกลุ่มเก่งกับกลุ่มอ่อนได้

7. จัดทำเครื่องมือฉบับสมบูรณ์และคู่มือการใช้เครื่องมือ โดยการนำเครื่องมือที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพมาปรับปรุงแก้ไขจนมีความเหมาะสม

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์ (2561) ได้กล่าวว่า กระบวนขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบมีวิธีการในการสร้าง ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสร้างแบบทดสอบ ในการสร้างแบบทดสอบแต่ละครั้งจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์ให้ชัดเจนว่าต้องการแบบทดสอบเพื่อวัตถุประสงค์ใด

2. กำหนดสิ่งที่ต้องการวัด เป็นการกำหนดขอบเขตของเนื้อหาสิ่งที่ต้องการวัด

3. จัดทำแบบทดสอบฉบับร่าง เขียนข้อคำถามตามประเด็นที่กำหนดไว้ในสิ่งที่ต้องการวัด และมีการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบในเบื้องต้น

4. ตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบ เป็นการตรวจสอบความตรง ความเที่ยง ความยาก และอำนาจจำแนก

4.1 ความตรง เป็นการตรวจสอบว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้ถูกต้องหรือไม่ ความตรงมี 3 ประเภท ได้แก่ ความตรงตามเนื้อหา ความตรงตามโครงสร้าง และความตรงเชิงเกณฑ์สัมพันธ์

4.2 ความเที่ยง เป็นการตรวจสอบว่าแบบทดสอบมีความคงที่หรือไม่ การตรวจสอบความตรงสามารถทำได้หลายวิธี เช่น วิธีการวัดซ้ำ วิธีการใช้เครื่องมือวัดที่มีลักษณะเทียบเท่าคู่ขนาน และวิธีการหาความสอดคล้องภายใน

4.3 ความยาก เป็นการบอกว่าข้อคำถามแต่ละข้อมีผู้ตอบถูกมากน้อยเพียงใด หากมีพูดตอบถูกน้อยแสดงว่ายากมาก แต่ถ้าหากมีผู้ตอบถูกมากแสดงว่ายากน้อย ในกรณีที่ข้อคำถามเป็นปรนัยสามารถใช้วิธีการวิเคราะห์อย่างง่ายและวิธีวิเคราะห์โดยใช้เทคนิค 25 เปอร์เซ็นต์

4.4 อำนาจจำแนก เป็นทดสอบว่าเครื่องมือสามารถจำแนกนักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนได้หรือไม่ อาจทำได้โดยการใช้เทคนิค 25 เปอร์เซ็นต์ และการหาความคงที่ภายในของข้อความด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แบบเพียร์สัน

5. ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบ ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามผลการวิเคราะห์ เพื่อให้ข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

6. จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ เมื่อปรับปรุงคุณภาพข้อสอบได้ตามเกณฑ์แล้ว ทำการสำเนาแบบทดสอบเพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นดังนี้ การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องสร้างแบบทดสอบให้ตรงตามจุดประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ มีขั้นตอนดำเนินงานโดยเริ่มศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง กำหนดจุดประสงค์ที่ต้องการวัด สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหา สร้างข้อคำถามตามตารางวิเคราะห์ ต้องเป็นข้อคำถามที่เป็นปรนัย มีความชัดเจน และนำแบบไปตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยการหาความตรงโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC จากผู้เชี่ยวชาญ ปรับปรุงแก้ไขให้เหมาะสมตามคำแนะนำ นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นำมาวิเคราะห์หาความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และความเชื่อมั่น และสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์

4. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

4.1 ความหมายและองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

สภาการวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council, 1996 อ้างถึงใน Chiappetta and Koballa, 2010) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นคำอธิบายที่สะท้อนผลการสังเกตและการทดลองในเชิงประจักษ์ คำอธิบายที่สร้างขึ้นมานั้นต้องมาจากการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับหลักฐานที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ และสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อไม่ได้รับการยอมรับจากสังคม

Gilbert et al. (อ้างถึงใน สุกัลยา เวชสิทธิ์, 2559) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์คือผลผลิตของสังคมวิทยาศาสตร์เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ และได้นำเสนอคำอธิบายในวิทยาศาสตร์ 5 ความหมาย ดังนี้

1. คำอธิบาย คือ การให้ความหมายของคำในบริบททางวิทยาศาสตร์ให้มีความหมายชัดเจน

2. คำอธิบาย คือ ประโยคที่แสดงถึงความเชื่อหรือการกระทำอย่างมีเหตุผลในบริบททางวิทยาศาสตร์

3. คำอธิบาย คือ การอธิบายสาเหตุของสภาพเหตุการณ์ กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4. คำอธิบาย คือ การอธิบายลักษณะและหน้าที่ของสิ่งต่าง ๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

5. คำอธิบาย คือ การกล่าวอ้างทฤษฎีที่มาจากการนิรนัยจากกฎต่าง ๆ

McNeill et al. (2006) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การรายงานผลของปรากฏการณ์ โดยองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งปรับเปลี่ยนมาจากการโต้แย้งของ Toulmin (Toulmin's Model) มี 3 องค์ประกอบ คือ

1. ข้อกล่าวอ้าง คือ การยืนยันหรือข้อสรุปของคำถาม

2. หลักฐาน คือ ข้อมูลทางทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งหลักฐานนี้ได้มาจากการค้นคว้าสืบเสาะ

3. การให้เหตุผล คือ ข้อความที่แสดงถึงเหตุผลที่เลือกใช้หลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบเช่นเดียวกัน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถาม

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ การตัดสินใจที่แสดงว่าหลักฐานสนับสนุนคำตอบ

สันติชัย อนุวรชัย (2557) กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อความที่ใช้สำหรับให้ความหมาย หรืออธิบายในบริบททางวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 3 ประการ ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ ข้อยืนยันในการศึกษาปรากฏการณ์

2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ อาจเป็นข้อมูลเชิงปริมารหรือคุณภาพที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความหมายและองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นดังนี้ คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ คือ คำอธิบายที่ใช้ในการให้ความหมาย หรืออธิบายผลที่ได้จากการสืบค้นทางวิทยาศาสตร์ และองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีดังนี้ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ คำตอบของคำถาม หรือข้อสรุปของคำถาม 2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบหรือข้อสรุป และ 3) เหตุผล (Reasoning) คือ ข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

4.2 พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารพบว่ามีผู้ให้พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ดังนี้

Ruiz-Primo, Li, Tsai and Schneider (2010) กล่าวว่า พฤติกรรมบ่งชี้ของความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรม ดังนี้

1. นักเรียนให้ความสนใจกับหลักฐาน และนำหลักฐานนั้นมาสร้างเป็นคำอธิบาย
2. นักเรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่เกี่ยวเนื่องกับคำถาม
3. นักเรียนสร้างและปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างมีเหตุผล
4 นักเรียนสามารถโต้แย้งโดยใช้หลักการ หรือทฤษฎี

Woody (2015) พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน นักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมต่อไปนี้ในห้องเรียน

1. นักเรียนมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่กำลังเรียนรู้
2. สมาชิกในกลุ่มควรคละความสามารถ เพื่อร่วมกันสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
3. เมื่อสมาชิกในกลุ่มสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แล้ว มีการแลกเปลี่ยนกันระหว่างกลุ่มเพื่อตรวจสอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น
4. การสร้างและแลกเปลี่ยนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่ม เป็นสิ่งสำคัญในการศึกษาวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่า พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องแสดงพฤติกรรมดังนี้ นักเรียนจะต้องทำหน้าที่เป็นผู้สำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งหลักฐานและทำการประเมินหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อสรุปและคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ตรวจสอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างโดยการแลกเปลี่ยนระหว่างกลุ่ม ปรับปรุงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้มีความเหมาะสมต่อไป

4.3 เครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเอกสารพบว่าในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ สามารถแยกเครื่องมือออกเป็น 2 ส่วน คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

McNeill et al. (2006) ได้สร้างแบบวัดความสามารถในการอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบบวัดที่สร้างขึ้นเป็นประเภทอัตนัย โดยกำหนดสถานการณ์เพื่อให้นักเรียนตอบคำถาม โดยสร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 6 ระดับตามความสามารถ ตั้งแต่ 0 – 5 ดังแสดงในตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ

ระดับความสามารถ	คำอธิบายในแต่ละระดับ
0	ไม่ระบุองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
1	ไม่สามารถระบุหลักฐานที่เป็นองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์
2	ระบุข้อกล่าวอ้างมากเกินไป เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวไม่ได้
3	ระบุข้อกล่าวอ้างได้บางส่วน และไม่อธิบายหลักฐานที่นำไปสู่ข้อกล่าวอ้าง
4	ระบุข้อกล่าวอ้างได้ แต่อธิบายหลักฐานที่นำไปสู่ข้อกล่าวอ้างไม่ครบ
5	ระบุองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้องครบถ้วน

McNeill and Krajcik (2008) กล่าวว่าการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะใช้แบบทดสอบประเภทอัตนัยที่เป็นความเรียง (Essay Test) ซึ่งแบบทดสอบประกอบไปด้วยสถานการณ์ที่กำหนด อาจอยู่ในรูปของแผนภูมิ กราฟ หรือรูปภาพ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลในสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จะประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่มี 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้างหลักฐาน และการให้เหตุผล โดยในการสร้างเกณฑ์การประเมินจะใช้เกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ 3 ระดับ คือ 0 – 2 ซึ่งเป็นรูบริกส์แบบทั่วไปเพื่อนำมาใช้แบบแนวทางในการสร้างเกณฑ์การประเมินแบบรูบริกส์ที่เจาะจงในเนื้อหาของนักเรียน ดังแสดงในตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	2	1	0
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	ข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องครบถ้วน	ข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นมีความถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน	ข้อกล่าวอ้างที่สร้างขึ้นไม่ถูกต้อง หรือไม่สร้างข้อกล่าวอ้าง
หลักฐาน (Evidence)	ใช้หลักฐานอย่างเหมาะสมเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ใช้หลักฐานอย่างเหมาะสมเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้บางส่วน	ไม่แสดงหลักฐานเพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หรือแสดงหลักฐานที่ไม่เหมาะสม

ตารางที่ 2.7 (ต่อ)

องค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	ระดับคะแนน		
	2	1	0
การให้เหตุผล (Reasoning)	ให้เหตุผลอย่างถูกต้องครบถ้วน แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้อย่างชัดเจน	ให้เหตุผลอย่างถูกต้อง แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้บางส่วน	ไม่มีการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าการสร้างเครื่องมือวัดความสามารถในการเขียนอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยเป็นข้อคำถาม มีการกำหนดสถานการณ์ กราฟ หรือข้อมูลอื่น ๆ เพื่อให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ในการตอบคำถาม และเกณฑ์การประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นเกณฑ์แบบรูบริกส์กำหนดคะแนนไว้อย่างชัดเจน เพื่อประเมินการตอบคำถามของนักเรียนจากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยในประเทศ

ราวรรณ แสงอยู่ (2556) ศึกษาวิจัยเรื่อง “ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น” กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสังกัดสำนักเขตลาดกระบัง สังกัดสำนักการศึกษากรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน โดยกำหนดเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือ พลังงานความร้อน เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ 1) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 3) นักเรียน

กลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 70.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และ 4) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อรยา แจ่มใจ (2557) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง” กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 37 คน โรงเรียนสาธิตแห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาเขตกรุงเทพมหานคร เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยคือ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวม ได้แก่ แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบประเมินการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ บันทึกหลังสอนของครู แบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า หลังผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งส่งผลให้นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับดีมาก

อำพล ขวัญพัก (2557) ศึกษาวิจัยเรื่อง “ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้สืบสอบ 5 ขั้นตอนร่วมกับการใช้เพลงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และบรรยากาศการเรียนรู้เชิงบวกของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร” กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนเทพศิรินทร์ จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ คือ 1) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และ 2) แบบสังเกตบรรยากาศการเรียนรู้เชิงบวก ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) บรรยากาศการเรียนรู้เชิงบวกของการเรียนด้วยการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้สืบสอบ 5 ขั้นตอนร่วมกับการใช้เพลงอยู่ในระดับดี 4) บรรยากาศการเรียนรู้เชิงบวกของการเรียนด้วยการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้สืบสอบ 5 ขั้นตอนร่วมกับการใช้เพลงสูงกว่าบรรยากาศในห้องเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

กฤตกร สภาสันติกุล (2558) ศึกษาวิจัยเรื่อง “ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบวัดความมีเหตุผล และแบบสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผล ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อจำแนกตาม

องค์ประกอบ พบว่า ทุกองค์ประกอบสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผล คิดเป็นร้อยละ 84.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด เมื่อจำแนกตามลักษณะความมีเหตุผล พบว่าทั้ง 5 ลักษณะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อจำแนกตาม ลักษณะความมีเหตุผล พบว่ามีเพียง 1 ลักษณะ คือ แสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุ และผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่าง ๆ ได้ที่แตกต่างจากก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วราลี สินธุวา (2560) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6” กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 88 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 44 คน และกลุ่มควบคุม 44 คน โรงเรียนในจังหวัดกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH แบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH มีการพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ (2561) ศึกษาวิจัยเรื่อง “ผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น” กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน กรุงเทพมหานคร จำนวน 2 ห้องเรียน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม 1 ห้อง เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ในการศึกษา ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองคือ 82.14 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป จัดอยู่ในความสามารถระดับดีมาก โดยมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอยู่ในระดับดีมาก และองค์ประกอบการให้เหตุผลอยู่ในระดับดี และ 2) เมื่อพิจารณาทั้งคะแนนรวมและคะแนนแยกตามองค์ประกอบหลังเรียน พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศุภรดา บุญจุฑาสิริกุล (2561) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์” กลุ่มตัวอย่างได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือที่ผู้วิจัยใช้ศึกษา ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัย

พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ในทุกหัวข้อปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และคะแนนเฉลี่ยการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แยกตามปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Rudd, Greenbowe and Hand (2007) ศึกษาวิจัยเรื่อง “การใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ในการปรับปรุงความเข้าใจเกี่ยวกับสมดุลเคมีของนักเรียน” กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาภาควิชาเคมี สาขาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน 22 คน ผลการวิจัยพบว่าก่อนการทดลองนักศึกษานักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความรู้พื้นฐานเรื่องสมดุลเคมีไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งสองกลุ่มในเรื่องสมดุลเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Putti (2011) ศึกษาวิจัยเรื่อง “ทัศนคติและความเชื่อของนักเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมีขั้นสูง” กลุ่มตัวอย่างจำนวน 24 คน โรงเรียนในรัฐมิชิแกน เป็นโรงเรียนมัธยมปลายที่มีนักเรียนทั้งสิ้น 1,600 คน ผลการทดลอง พบว่า เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาทัศนคติและความเชื่อในการปฏิบัติการทดลองวิชาเคมี

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งเป็นงานวิจัยในประเทศและงานวิจัยต่างประเทศ สามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง และการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นเทคนิคการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนากระบวนการเขียนของนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวจะช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็กสังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร ได้ดำเนินดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ในกลุ่มโรงเรียนมัธยมขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร จำนวน 7 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 180 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพะโต๊ะวิทยา ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มโรงเรียนมัธยมขนาดเล็กสังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร จำนวน 1 ห้องเรียน 31 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 21 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่

2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 แผน รวม 18 ชั่วโมง ประกอบด้วย

1) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 ชั่วโมง

2) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 ชั่วโมง

3) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวของสารและความดันกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 ชั่วโมง

4) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 ชั่วโมง

5) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี จำนวน 4 ชั่วโมง

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยตามลำดับ ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพะโต๊ะวิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 รายวิชาเคมี 3

3.1.2 ศึกษารายละเอียดขอบข่ายเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

3.1.3 วิเคราะห์มาตรฐาน ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้เนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.1.4 ศึกษาเอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เพื่อนำไปใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

3.1.5 กำหนดสาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.1.6 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 แผน 18 ชั่วโมง โดยมีกรอบขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

ขั้นตอน	กิจกรรมสำคัญของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ และนักเรียนกำหนดปัญหาหรือคำถาม (Beginning idea) ในสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	นักเรียนสำรวจและค้นหาโดยการใช้ความคิดและลงมือปฏิบัติ ทำการทดสอบ (Tests) และสังเกต (Observations)
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	นักเรียนอธิบายและลงข้อสรุป (Claim) ผ่านการแสดงหลักฐาน (Evidence) โดยการเขียนบรรยายหรือวาดรูป
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	นักเรียนเพิ่มเติมความรู้โดยผ่านการอภิปราย การอ่านข้อสรุปของผู้อื่น (Reading) และสะท้อนความคิด (Reflection)
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)	ประเมินการเรียนรู้โดยนักเรียนตอบคำถามของตนเองผ่านการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Writing)

3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ดังนี้

1) ปรับการเขียนความหมายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2) ปรับสาระสำคัญเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีในหัวข้อพลังงานก่อกัมมันต์

3) ปรับการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ยโดยใช้เวลาที่เกิดขึ้นทั้งหมดเป็นตัวหาร

4) เพิ่มเติมเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีว่าไม่ได้เกิดกับทุกปฏิกิริยา เป็นเฉพาะบางปฏิกิริยาเท่านั้น

5) ในแผนการจัดการเรียนรู้ควรแนะนำให้นักเรียนเปิดหาข้อมูลส่วนที่นักเรียนสงสัย

3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน (แสดงรายชื่อในภาคผนวก ก) เพื่อพิจารณาดำเนินการตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา ตลอดจนความเหมาะสมของกิจกรรม และภาษาที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเป็นการประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยแปลผลดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การแปลผลระดับความคิดเห็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51 – 5.00	ความเหมาะสมมากที่สุด
3.51 - 4.50	ความเหมาะสมมาก
2.51 – 3.50	ความเหมาะสมปานกลาง
1.51 – 2.50	ความเหมาะสมน้อย
1.00 - 1.50	ความเหมาะสมน้อยที่สุด

3.1.9 นำคะแนนผลการประเมินในการตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์แล้วหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยผลการประเมินของแผนการจัดการเรียนรู้ของแต่ละแผน ดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	เรื่อง	*M*	*SD*	ระดับความเหมาะสม
1	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.59	0.64	เหมาะสมมากที่สุด
2	ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.63	0.64	เหมาะสมมากที่สุด
3	พื้นที่ผิวของสารและความดันกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.63	0.64	เหมาะสมมากที่สุด
4	อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4.63	0.64	เหมาะสมมากที่สุด
5	ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยา	4.59	0.71	เหมาะสมมากที่สุด
	เฉลี่ย	**4.61**	**0.65**	**เหมาะสมมากที่สุด**

จากตารางที่ 3.3 พบว่าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเท่ากับ 4.61 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.65 แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความคิดเห็นตรงกันว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมมากที่สุด โดยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้ง 5 แผนมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.59 ถึง 4.63 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0.64 ถึง 0.71 แสดงว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แสดงผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง แล้วจึงนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1) ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนพะโต๊ะวิทยา และผลการเรียนรู้ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ในขอบข่ายเนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3) ศึกษาระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของบลูมตามแนวคิดที่มีการปรับปรุงใหม่ในปี 1990 โดยแอนเดอร์สันและแครทโวห์ท สามารถจำแนกออกเป็นระดับ 6 คือ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการคิดสร้างสรรค์ (สมคิด พรมจุ้ย, 2560)

4) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 34 ข้อ กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน โดยวิเคราะห์ระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูม ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การวิเคราะห์จุดประสงค์และระดับพฤติกรรม เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม					
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	คิดสร้างสรรค์
อธิบายความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	3	1	-	-	-	-
ทำการทดลองเพื่อศึกษาการวัดปริมาณสารที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาต่าง ๆ ในปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกได้	-	-	-	1	-	-
อธิบายความหมายอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งได้	1	1	-	-	-	-
อธิบายความหมายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยได้	-	1	-	-	-	-
อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์และการชนกันของอนุภาค และการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์	-	3	-	-	-	-
เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลาได้	-	1	-	-	-	-

ตารางที่ 3.4 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ระดับพฤติกรรม					
	จำ	เข้าใจ	ประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	คิดสร้างสรรค์
คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งได้	-	-	2	-	-	-
คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยได้	-	-	2	-	-	-
อธิบายผลของความเข้มข้นของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	1	2	-	1	-	-
อธิบายผลของพื้นที่ผิวของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	1	3	-	-	-
อธิบายผลของความดันที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	2	-	-	-	-
อธิบายผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	2	1	-	-	-
อธิบายผลของชนิดของสารตั้งต้นที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	2	-	-	-	-
อธิบายผลของตัวเร่งที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	1	1	-	-	-	-
อธิบายผลของตัวหน่วงที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	1		-	-	-
รวม	6	18	8	2	-	-

5) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสม และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ดังนี้

(1) แก้ไขคำผิดในข้อที่ 1 จากคำว่า “ทึ” เป็น “ที่”

(2) แก้ไขคำผิดในข้อที่ 14 จากคำว่า “ร้อย” เป็น “ร้อน”

(3) ข้อที่ 20 เน้นตัวหนาในคำว่า “ไม่”

6) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาดำเนินการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และพฤติกรรมการเรียนรู้ ตลอดจนลักษณะการใช้คำถามตัวเลือก และความถูกต้องด้านภาษา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

7) นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญที่ลงความเห็น มาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของข้อสอบรายข้อ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ระดับ 0.50 ขึ้นไป (แสดงรายละเอียดในภาคผนวก ค) พบว่าจากจำนวนข้อคำถาม 34 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ระดับ 0.50 ขึ้นไป จำนวน 33 ข้อ

8) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ระดับ 0.50 ขึ้นไป จำนวน 33 ข้อ ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

9) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ปรับปรุงแก้ไขเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบและอนุมัติให้นำแบบทดสอบไปทดลองใช้

10) นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 21 คน โรงเรียนพะโต๊ะวิทยา จังหวัดชุมพร ที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาแล้ว

11) นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาตรวจสอบหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของแบบทดสอบรายข้อ ทำได้โดยการหาค่าความยาก(p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) โดยพิจารณาเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ใน 0.20 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจการจำแนก (r) ตั้งแต่ระดับ 0.20 ขึ้นไป แล้วทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพ จำนวน 30 ข้อ

12) หาคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับทำได้โดยหาค่าความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของครอนบาค (Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2560) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85

13) จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

2) กำหนดขอบข่ายในเนื้อหาเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

3) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย จำนวน 4 ข้อ โดยแต่ละข้อเป็นข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป (McNeil and Krajcik, 2008) ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แนวทางในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยใช้เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

องค์ประกอบ	**ระดับ**		
	2	**1**	**0**
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	คำตอบถูกต้องสมบูรณ์	คำตอบถูกต้องบางส่วน และมีคำตอบที่ไม่ถูกต้อง	คำตอบไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบ
หลักฐาน (Evidence)	แสดงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบถูกต้องและเหมาะสม	แสดงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบถูกต้องบางส่วน และไม่เหมาะสม มีข้อมูลที่ไม่สนับสนุนคำตอบ	ไม่สามารถแสดงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบได้ หรือไม่ตอบ
เหตุผล (Reasoning)	เชื่อมโยงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบกับคำตอบถูกต้องสมบูรณ์ หรือมีการวาดภาพประกอบคำอธิบายถูกต้องและครบถ้วน	เชื่อมโยงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบกับคำตอบถูกต้องบางส่วน และมีการเชื่อยมโยงข้อมูลที่ไม่สนับสนุนคำตอบ หรือวาดภาพประกอบคำอธิบายได้ถูกต้องบางส่วน	ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ หรือไม่ตอบ

และกำหนดการแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ระดับดีมาก ระดับดี และระดับควรปรับปรุง ซึ่งประยุกต์มาจาก Sampson and Clark, 2009 (อ้างถึงใน สันติชัย อนุวรชัย, 2557) ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การแปลผลคะแนนเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

คะแนนรวม	คะแนนแต่ละองค์ประกอบ	ระดับความสามารถ
17 – 24	5-6	ดีมาก
9 – 16	3-4	ดี
0 – 8	0-2	ควรปรับปรุง

4) ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้

(1) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบ

(2) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาดำเนินการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา และภาษาที่ใช้ในการสร้างข้อคำถาม โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง

(3) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเป็นการประเมินระดับความคิดเห็นแบบมาตรส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ (แสดงรายละเอียดไว้ใน ภาคผนวก ง) และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ก. ปรับข้อความในข้อที่ 3 จาก “บูดเสีย” เป็น “เน่าเสีย”

(4) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ปรับปรุงแก้ไขเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบและอนุมัติให้นำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง จำนวน 21 คน โรงเรียนพะโต๊ะวิทยา จังหวัดชุมพร ที่มีลักษณะคล้ายกับกลุ่มตัวอย่างและผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาแล้ว

(5) นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน แล้วนำมาตรวจสอบหาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำได้โดยการหาค่าความยาก (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r) โดยพิจารณาเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก (p) อยู่ใน 0.20 ถึง 0.80 และมีค่าอำนาจการจำแนก (r) ตั้งแต่ระดับ 0.20 ขึ้นไป

(6) นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หาค่าความเที่ยง โดยวิธีการหาความสอดคล้องภายใน โดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha coefficient Method) ของครอนบาค (Cronbach) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2560) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.88

(7) จัดพิมพ์แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

4. การเก็บรวมรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

4.1 ทำการทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (Pre-test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.2 ผู้วิจัยนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 แผน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ พร้อมสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยมีการบันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำไปปรับปรุง และพัฒนาในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

4.3 เมื่อสิ้นสุดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังจบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบจำนวน 1 ชั่วโมง

4.4 ผู้วิจัยวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ใช้เวลาในการทดสอบจำนวน 1 ชั่วโมง

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2560)

$$M = \frac{\sum x}{n}$$

เมื่อ M แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

5.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviaion) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้ (นงลักษณ์ วิรัชชัย, 2560)

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

เมื่อ SD แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

$SD = \sqrt{\frac{n\sum x^2 - (\sum x)^2}{n(n-1)}}$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง

n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

5.1.3 ร้อยละ (Percentage) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้ (อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล , 2561)

$$P(100) = \frac{f}{n} \boldsymbol{x\ 100}$$

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่

n แทน จำนวนทั้งหมด

5.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

5.2.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ใช้สำหรับหาความตรงเชิงเนื้อหา โดยคำนวณจากสูตรดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2560)

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

เมื่อ IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

R คือ ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าแน่ใจว่าคำถามวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่า +1

ถ้าไม่แน่ใจว่าคำถามวัดตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่า 0

ถ้าแน่ใจว่าคำถามวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ให้ค่า -1

n คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

5.2.2 ค่าความยาก (Difficulty) คือ สัดส่วนของจำนวนผู้สอบที่ตอบข้อสอบข้อนั้นถูก โดยคำนวณจากสูตรดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2560)

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

เมื่อ p คือ ค่าความยาก

R คือ จำนวนผู้เข้าสอบที่เลือกคำตอบถูก

T คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมด

ค่าความยากของข้อสอบ (p) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.00 – 1.00 การแปลความหมายของค่าความยากอาจแบ่งช่วงได้ ดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 การแปลความหมายค่าความยาก (p) ของข้อสอบ

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

5.2.3 ค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) คือ ความสามารถของข้อสอบที่จำแนกผู้เข้าสอบที่ได้คะแนนสูงออกจากผู้เข้าสอบที่ได้คะแนนต่ำ โดยสามารถคำนวณจากสูตรดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2560)

$$r = \frac{H-L}{N_H} \qquad \text{หรือ} \qquad r = \frac{H-L}{N_L}$$

เมื่อ r คือ ค่าอำนาจจำแนก

H คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มสูงที่เลือกตัวเลือกนั้น

L คือ จำนวนผู้ตอบในกลุ่มต่ำที่เลือกตัวเลือกนั้น

N_H คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนสูงสุด

N_L คือ คะแนนของผู้สอบที่ได้คะแนนต่ำสุด

ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง 1.00 การแปลความหมายของค่าอำนาจจำแนก สามารถแปลความได้ตางรางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนก (r) ของข้อสอบ

ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย
0.40 และสูงกว่า	เป็นข้อสอบที่ดีมาก
0.30 ถึง 0.39	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 ถึง 0.29	เป็นข้อสอบที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดีควรแก้ไขใหม่

เกณฑ์การพิจารณาขอบเขตของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบที่ยอมรับ คือ 0.20 ขึ้นไปส่วนตัวลวงจะต้องมีค่าความยากพอสมควรคือ ประมาณ 5% ค่าอำนาจจำแนกต้องไม่เป็นศูนย์หรือมีค่าติดลบ

5.2.4 ค่าความเที่ยง โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach) โดยคำนวณจากสูตรดังนี้ (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2560)

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1}\left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} คือ ความเที่ยงของเครื่องการวิจัย

k คือ จำนวนข้อคำถาม

S_i คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในข้อคำถามข้อที่ i

S คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

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

เมื่อ n คือ จำนวนผู้สอบ

X คือ คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

5.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

5.3.1 สถิติ t-test แบบ One-Sample t-test ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่เป็นการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (สุพิมพ์ ศรีสันธ์วรสกุล, 2557)

5.3.2 สถิติ t-test แบบ t-test for dependent samples ในการทดสอบสมมติฐานข้อที่เป็นการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน (สุพิมพ์ ศรีสันธ์วรสกุล, 2557)

5.4 การวิเคราะห์เนื้อหา (Content analysis)

เป็นการตรวจสอบความน่าเชื่อถือเพื่อคุณภาพของงานวิจัย ผู้วิจัยจึงนำข้อมูลที่ได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มาตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล โดยใช้การตรวจสอบแบบสามเส้า (Triangulation) เป็นการตรวจสอบข้ามนักวิจัย โดยใช้บุคคลอื่นที่มีความรู้ความสามารถในสาขาวิชา มาวิเคราะห์ ตีความ นำผลที่ได้จากการทดสอบมายืนยันกัน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 2) เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ 3) เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้ผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

การทดสอบ	n	*M*	*SD*	**ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย**	t	p
หลังเรียน	31	21.87	2.22	72.90	2.19	.037

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.1 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 21.87 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.22 ค่า t เท่ากับ 2.19 ร้อยละของคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 72.90 และค่า p เท่ากับ .037 แสดงให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

ตอนที่ 2 ผลการศึกษาการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ได้ผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	*N*	*M*	*SD*	t	p
ก่อนเรียน	31	2.71	1.99	12.77	.000
หลังเรียน	31	15.97	6.35		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.71 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.99 และหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.97 จากการเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ค่า t เท่ากับ 12.77 และค่า p เท่ากับ .000 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

นอกจากนี้ยังมีผลการวิจัยเชิงคุณภาพเกี่ยวกับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่เก็บข้อมูลได้ดังนี้ ก่อนเรียน คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 คะแนนเฉลี่ย 2.71 จัดอยู่ในระดับควรปรับปรุง เมื่อพิจารณาแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยให้นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลประกอบ ปรากฏว่า ก่อนเรียนนักเรียนสร้างคำอธิบายที่ไม่ชัดเจน หรือไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งแสดงดังคำตอบข้อคำถามข้อที่ 1 ของนักเรียนเลขที่ 15

ข้อกล่าวอ้าง : อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารละลาย A และเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา ถ้าใช้ความเข้มข้นของสารละลาย A น้อย เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยามาก แต่ถ้าใช้ความเข้มข้นของสารละลาย A มาก จะใช้เวลาลดลงทีละ 20 วินาที”

หลักฐาน : “การสังเกตและดูความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา จากตารางของผลการทดลองที่ธนากรบันทึก”

การให้เหตุผล : “ความเข้มข้นของสารละลาย A 0.1 (mol/dm^3) เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 100 s ความเข้มข้นของสารละลาย A 0.5 (mol/dm^3) เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 80 s ความเข้มข้นของสารละลาย A 1.0 (mol/dm^3) เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 60 s ความเข้มข้นของสารละลาย A 1.5 (mol/dm^3) เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 40 s แสดงว่าความเข้มข้นน้อย เวลาที่เกิดจะมาก ความเข้มข้นมาก เวลาที่เกิดจะน้อย”

(นักเรียนเลขที่ 15)

หลังเรียน คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 คะแนนเฉลี่ย 15.97 จัดอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยให้นักเรียนสร้างข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลประกอบ ปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้สมบูรณ์ ซึ่งแสดงดังคำตอบข้อคำถามข้อที่ 2 ของนักเรียนเลขที่ 20

ข้อกล่าวอ้าง : “อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิว”

หลักฐาน : “จากตารางบันทึกผลการทดลอง ลักษณะของเปลือกไข่ที่เป็นชิ้น เวลาที่ใช้ 450 วินาที ลักษณะเปลือกไข่ที่เป็นผงหยาบ เวลาที่ใช้ 200 วินาที ลักษณะของเปลือกไข่ที่เป็นผงละเอียด เวลาที่ใช้ 120 วินาที จะเห็นได้ว่ายิ่งพื้นที่ผิวมาก เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาจะน้อยลง ดังนั้นพื้นที่ผิวมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ส่วนความเข้มของของสารละลายกรดไฮโดรคลอริก และปริมาณของเปลือกไข่ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพราะในการทดลองใช้เท่ากัน”

การให้เหตุผล : “การเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้อนุภาคของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น จึงให้การชนของอนุภาคเพิ่มมากขึ้น ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการชนกันของอนุภาค”

(นักเรียนเลขที่ 20)

เมื่อนำคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มาหาคะแนนเฉลี่ยแต่ละองค์ประกอบแล้วเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปรากฏผลดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การทดสอบ	n	**ข้อกล่าวอ้าง**		**หลักฐาน**		**การให้เหตุผล**	
		M	*SD*	*M*	*SD*	*M*	*SD*
ก่อนเรียน	31	2.49	0.21	0.35	0.71	0.00	0.00
หลังเรียน	31	5.90	2.09	5.39	2.22	4.35	2.71

จากตารางที่ 4.3 พบว่า เมื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ และเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยในแต่ละองค์ประกอบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ก่อนเรียน ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.49 0.35 และ 0.00 ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.21 0.71 และ 0.00 ตามลำดับ หลังเรียน ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 5.39 และ 4.35 ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.09 2.22 และ 2.71 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าแต่ละองค์ประกอบมีคะแนนเฉลี่ยสูงขึ้น

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากการทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คะแนน	**n**	***M***	***SD***	**ระดับความสามารถ**
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	31	15.97	6.35	ดี

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 15.97 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.35 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบมาศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปรากฏผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

องค์ประกอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	n	*M*	*SD*	**ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์**
ข้อกล่าวอ้าง	31	5.90	2.09	ดีมาก
หลักฐาน	31	5.39	2.22	ดีมาก
การให้เหตุผล	31	4.35	2.71	ดี

จากตารางที่ 4.5 พบว่า ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์แต่ละองค์ประกอบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 5.90 5.39 และ 4.35 ตามลำดับ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.09 2.22 และ 2.71 ตามลำดับ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก ดีมาก และดี ตามลำดับ

เมื่อนำคะแนนของนักเรียนรายบุคคลมาจัดระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ปรากฏผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	**จำนวนนักเรียน (คน)**	**ร้อยละ**
ดีมาก	16	51.61
ดี	11	35.49
ควรปรับปรุง	4	12.90
รวม	31	100

จากตารางที่ 4.6 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับดีมาก จำนวน 16 คน ระดับดี 11 คน และระดับควรปรับปรุง 4 คน โดยคิดเป็นร้อยละ 51.61 35.49 และ 12.90 ตามลำดับ

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็กสังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร การวิจัยในครั้งนี้มุ่งศึกษาและเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการวิจัย สรุปผล ได้ดังนี้

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70

1.2 เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

1.3 เพื่อศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. สมมติฐานการวิจัย

2.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

2.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 ในกลุ่มโรงเรียนมัธยมขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร จำนวน 7 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 180 คน

3.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนพะโต๊ะวิทยา ซึ่งเป็นสมาชิกของกลุ่มโรงเรียนมัธยมขนาดเล็กสังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร จำนวน 1 ห้องเรียน 31 คน แบ่งเป็นเพศชาย 10 คน และเพศหญิง 21 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 แผน รวม 18 ชั่วโมง ประกอบด้วย

4.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 ชั่วโมง

4.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 ชั่วโมง

4.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 ชั่วโมง

4.1.4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 ชั่วโมง

4.1.5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี จำนวน 4 ชั่วโมง

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

4.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.2.2 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5. การเก็บรวบรวมข้อมูล

มีขั้นตอนดังนี้

5.1 ดำเนินการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน จำนวน 4 ข้อ คะแนนเต็ม 24 คะแนน เวลา 60 นาที แล้วนำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไปตรวจให้คะแนน

5.2 ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 5 แผน รวม 18 ชั่วโมง

5.3 ดำเนินการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 30 คะแนน เวลา 60 นาที แล้วนำกระดาษคำตอบไปตรวจให้คะแนน

5.4 ดำเนินการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน จำนวน 4 ข้อ คะแนนเต็ม 24 คะแนน เวลา 60 นาที แล้วนำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไปตรวจให้คะแนน

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

6.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 ใช้การทดสอบ t-test แบบ One-Sample t-test

6.2 การเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทาง

วิทยาศาสตร์ (SWH) ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้การทดสอบ t-test แบบ t-test for dependent samples

6.3 การศึกษาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมและคะแนนในแต่ละองค์ประกอบ

7. สรุปการวิจัย

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยดำเนินการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน จากนั้นดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ดำเนินการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และดำเนินการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียน แล้วนำผลที่ได้ไปวิเคราะห์สามารถสรุปผลได้ดังนี้

7.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7.2 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

7.3 ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 15.97 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

8. อภิปรายผล

จากกผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขนาดเล็ก สังกัดสหวิทยาเขตชุมพร 2 จังหวัดชุมพร ผู้วิจัยได้แยกอภิปรายผลเป็นประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

8.1 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน แสดงว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนมีโอกาสได้ลงมือปฏิบัติในการสืบเสาะหาความรู้ มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และใช้ข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะด้วยนักเรียนเองมาสร้างเป็นข้อสรุป โดยนำข้อมูลที่ได้จากการสืบเสาะมาเป็นหลักฐาน เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ของนักเรียน โดยมีครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ หรือเกิดคำถามในสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ กระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เปิดโอกาสให้นักเรียนลงมือปฏิบัติทำการทดลอง สังเกต และบันทึกผลการทดลอง ผ่านกระบวนการกลุ่ม เพื่อหาหลักฐานที่จะนำไปสู่ข้อสรุปหรือคำตอบของคำถาม โดยนักเรียนเป็นผู้ระบุข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และใช้ข้อมูลผสานกับความรู้เดิมที่มีอยู่มาสร้างข้อสรุป แล้วนำความรู้ที่ได้ไปสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เนื่องด้วยในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในปัจจุบันพบว่า ครูวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ยังขาดทักษะในการใช้คำถามและขาดการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และข้อสรุปในองค์ความรู้ของนักเรียนเอง ทำให้นักเรียนไม่สามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ สอดคล้องกับนวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2562) กล่าวว่า ยังมีครูวิทยาศาสตร์ที่ขาดทักษะการใช้คำถามเพื่อช่วยกระตุ้นให้นักเรียนนำข้อมูลที่เป็นหลักฐานจากกิจกรรมในขั้นสำรวจและค้นหานำมาสร้างคำอธิบายคำตอบของปัญหาที่สนใจหรือสงสัย ที่เป็นคำอธิบายของตัวเอง และเป็นคำอธิบายที่มีการเชื่อมโยงต่อเนื่องกับคำถามหรือข้อสงสัยที่ระบุไว้ในขั้นสร้างความสนใจ จึงจำเป็นต้องนำเทคนิคการ

เขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) มาร่วมด้วย การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้อภิปรายเพื่อแลกข้อคิดเห็นและองค์ความรู้ และส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้โดยการเชื่อมโยงความรู้ โดยมีการจัดกระทำข้อมูลและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น เพื่อตรวจสอบองค์ความรู้ของตนเอง และเกิดเป็นองค์ความรู้ร่วมกัน จนทำให้นักเรียนเกิดการรับรู้อย่างมีความหมาย ซึ่งการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

8.1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) จัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ โดยใช้สถานการณ์ต่าง ๆ หรือการทดลองเพื่อเร้าความสนใจของนักเรียน และนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาหรือคำถามเริ่มต้น (Beginning idea) ในสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้ เป็นคำถามหรือเป้าหมายที่จะนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจ มีความอยากรู้อยากเห็น มีความพร้อมในการเรียนรู้ เพื่อค้นหาคำตอบของปัญหา ซึ่งสอดคล้องตามทฤษฎีของเพียเจต์ (อ้างถึงใน สุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2560) ที่ว่านักเรียนต้องตัดสินใจในการเรียนรู้ว่านักเรียนอยากเรียนอะไร ให้นักเรียนวางแผนและตั้งเป้าหมายการเรียนรู้ด้วยตนเอง

8.1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) จัดกิจกรรมให้นักเรียนสำรวจและค้นหาโดยการใช้ความคิดและลงมือปฏิบัติ ทำการทดสอบ (Tests) และสังเกต (Observation) ตรวจสอบประเด็นปัญหาที่นักเรียนตั้งไว้ เพื่อให้ได้หลักฐานของคำตอบที่จะเป็นข้อกล่าวอ้าง (Claim) ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับจอห์น ดิวอี้ (อ้างถึงใน จุฬารัตน์ ธรรมประทีป, 2561) นักเรียนต้องเป็นผู้ลงมือกระทำ ปฏิบัติการทดลองเพื่อค้นคว้าหาคำตอบ และครูต้องเป็นผู้ช่วยเหลือกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการค้นหาคำตอบของนักเรียน ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกในการค้นหาคำตอบของนักเรียน สร้างบรรยากาศให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ เพราะการที่นักเรียนจะเรียนรู้ได้ดีหรือไม่สิ่งแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องด้วยเป็นแรงผลักดันให้เกิดพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนตามแนวคิดของวีก็อตสกี (อ้างถึงใน สุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2560)

8.1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำผลการทดลองหรือข้อมูลที่ได้จากการทำการทดสอบหรือค้นคว้าในขั้นสำรวจและค้นหา มาสร้างคำตอบที่เป็นข้อกล่าวอ้าง (Claim) ของคำถามเริ่มต้นผ่านการแสดงหลักฐาน (Evidence) ที่เป็นผลการทดสอบหรือทดลองของนักเรียนที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ โดยให้นักเรียนเขียนบรรยายหรือวาดรูป ซึ่งจะสามารถทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้ได้ เป็นการทำความเข้าใจด้วยตัวของนักเรียนในสิ่งที่กำลังเรียนรู้ ทำให้นักเรียนสามารถแปลความหมายจากสิ่งที่กำลังเรียนรู้ โดยมีการจัดกระทำข้อมูลและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น เกิดเป็นองค์ความรู้ร่วมกันตามทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้นิยม (Constructivism) (อ้างถึงใน สุจินต์ วิศวธีรานนท์, 2560)

8.1.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) จัดกิจกรรมให้นักเรียนเพิ่มเติมความรู้โดยผ่านการอภิปรายระหว่างสมาชิกในห้องเรียน โดยการอ่านข้อสรุปที่เป็นข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของผู้อื่น (Reading) หรือค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน และสะท้อนความคิด (Reflection) ความคิดของนักเรียน หากความคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่อย่างไร ให้นักเรียนเขียนอธิบาย ซึ่งในขั้นตอนนี้หากนักเรียนเกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเกิดภาวะไม่สมดุล ทำให้นักเรียนต้องพยายามปรับข้อมูลที่ได้รับกับข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วให้มีภาวะสมดุล และสร้างเป็นความรู้ใหม่ (พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548) หรือนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่กับความรู้ใหม่ที่ได้รับเข้าด้วยกันจะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ตามทฤษฎีการเรียนรู้ของออซูเบล (อ้างถึงในทิศนา แขมมณี, 2554) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้จะมีความหมายกับนักเรียน หากนักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ได้

8.1.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) ประเมินการเรียนรู้โดยนักเรียนตอบคำถามของตนเองผ่านการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Writing) ซึ่งคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) 2) หลักฐาน (Evidence) และ 3) เหตุผล (Reasoning) เป็นการตรวจสอบองค์ความรู้ที่ได้รับของนักเรียนผ่านการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยนักเรียนมีการเชื่อมโยงองค์ความรู้ โดยสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ระบุหลักฐาน (Evidence) และให้เหตุผล (Reasoning) ผ่านการเขียนหรือวาดภาพประกอบคำอธิบาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ทำให้นักเรียนมีโอกาสประเมินผลการเรียนรู้ของตนเองและยังทำให้ครูสามารถประเมินได้ว่านักเรียนมีองค์ความรู้มากน้อยเพียงใด และเพิ่มเติมความรู้ให้กับนักเรียนในส่วนที่นักเรียนเข้าใจไม่ชัดเจน ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาที่เรียนชัดเจนยิ่งขึ้น

จากเหตุผลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียน สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยของราวรรณ แสงอยู่ (2556) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่ใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์คิดเป็นร้อยละ 70.97 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของอำพล ขวัญพัก (2557) ที่ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้สืบสอบ 5 ขั้นตอนร่วมกับการใช้เพลงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และบรรยากาศการเรียนรู้เชิงบวกของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่ใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้สืบสอบ

5 ขั้นตอนร่วมกับการใช้เพลงมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และงานวิจัยของ Rudd et al. (2007) ที่ได้ศึกษาวิจัยการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ในการปรับปรุงความเข้าใจเกี่ยวกับสมดุลเคมีของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ก่อนการทดลองนักศึกษานักศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความรู้พื้นฐานเรื่องสมดุลเคมีไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์พบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งสองกลุ่มในเรื่องสมดุลเคมีแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวยังสนับสนุนผลการวิจัยนี้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) จะส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70

แต่เมื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นรายบุคคลพบว่านักเรียนบางส่วนมีคะแนนต่ำกว่าเพื่อนในห้องค่อนข้างมาก และคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ไม่มาก ทั้งนี้อาจเป็นผลเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการกลุ่ม สมาชิกในกลุ่มบางส่วนอาจไม่ให้ความสนใจในการจัดการเรียนรู้เท่าที่ควร เพียงแต่ปฏิบัติตามหน้าที่ที่ตนเองได้รับมอบหมายภายในกลุ่มเท่านั้น ทำให้นักเรียนขาดการสืบเสาะเพื่อหาคำตอบ และขาดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เมื่อเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้แล้วทำการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งเป็นการทดสอบรายบุคคลทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนต่ำกว่าคนอื่น ๆ และส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 ไม่มากเท่าที่ควร ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ควรให้ความสำคัญในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูจะต้องจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ เร้าให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาหรือคำถามเริ่มต้น (Beginning idea) ที่สอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนเกิดการสืบเสาะเพื่อหาคำตอบของปัญหาอย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับ Poock et al. (2007) ที่กล่าวว่า หลักการสำคัญในการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์คือ ต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้กำหนดคำถามเริ่มต้น พร้อมทั้งมีห้องปฏิบัติการที่เอื้อให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เพื่อให้นักเรียนสืบเสาะด้วยตนเองและสามารถสร้างองค์ความรู้ได้

8.2 ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาพบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน และความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 15.97 ซึ่งมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี แสดงว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลต่อไปนี้

8.2.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ในขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้เป็นผู้กำหนดคำถามเริ่มต้น (Beginning idea) ในสิ่งที่นักเรียนต้องการเรียนรู้เพื่อนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) และในขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนจะเป็นผู้ทำการทดลองเพื่อค้นหาคำตอบโดยการใช้ความคิดและลงมือปฏิบัติผ่านการทำการทดสอบ (Tests) และสังเกต (Observation) ตรวจสอบประเด็นปัญหาที่นักเรียนตั้งไว้ เพื่อให้ได้หลักฐานของคำตอบที่จะเป็นข้อกล่าวอ้าง (Claim) ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงเพื่อค้นหาคำตอบด้วยตนเอง แล้วนำไปสู่การสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับสภาการวิจัยแห่งชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 1996 อ้างถึงใน Chiappetta and Koballa, 2010) ได้กล่าวว่า คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เป็นคำอธิบายที่สะท้อนผลการสังเกตและการทดลองในเชิงประจักษ์ คำอธิบายที่สร้างขึ้นมานั้นต้องมาจากการให้เหตุผลที่สอดคล้องกับหลักฐานที่ได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ และสามารถปรับเปลี่ยนได้เมื่อไม่ได้รับการยอมรับจากสังคม และยังสอดคล้องกับ McNeill and Krajcik (2008) ที่ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบของคำถาม หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ และการให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการตัดสินใจที่แสดงว่าหลักฐานสนับสนุนคำตอบ นั่นหมายความว่านักเรียนจะสามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ นักเรียนจะต้องสามารถหาหลักฐานและหลักฐานนั้นจะต้องเป็นหลักฐานที่ถูกต้องสามารถเชื่อถือได้ ซึ่งนักเรียนสามารถหาหลักฐานได้จากการลงมือปฏิบัติการทดลอง

8.2.2 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เกิดการสะท้อนความคิด ซึ่งในขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนมีการอภิปรายระหว่างสมาชิกในห้องเรียน โดยการอ่านข้อสรุปที่เป็นข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของผู้อื่น (Reading) หรือค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ภายนอกห้องเรียน และสะท้อนความคิด (Reflection) ซึ่งเป็นไปตามพฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับ Woody (2015) ที่กล่าวว่า ในห้องเรียนนักเรียนต้องมีการพูดคุยแลกเปลี่ยนความคิดเห็น

เพื่อร่วมกันสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และมีการแลกเปลี่ยนเพื่อตรวจสอบคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นว่ามีความถูกต้องครบถ้วน และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของกรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์ (2561) ที่ว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ไม่ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนความคิดเพื่อตรวจสอบความถูกต้องร่วมกัน

8.2.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นการนำกลยุทธ์ทางด้านการเขียนมาใช้ร่วมกับการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการฝึกฝนและส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยในขั้นอธิบายและลงข้อสรุปนักเรียนจะต้องสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claim) ผ่านการแสดงหลักฐาน (Evidence) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในองค์ประกอบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการเขียนบรรยายหรือวาดรูป ส่วนในขั้นขยายความรู้นักเรียนจะต้องเพิ่มเติมความรู้ของตนเองจากการอ่านข้อสรุปของเพื่อนร่วมห้องและค้นหาคำตอบจากแหล่งความรู้อื่น ๆ และสะท้อนความคิด (Reflection) เพื่อเป็นการยืนยันข้อกล่าวอ้าง และในขั้นประเมินนักเรียนจะต้องตอบคำถามเริ่มต้นผ่านการเขียนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ (Writing) มีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าวฝึกฝนให้นักเรียนได้สร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อย่างสม่ำเสมอตลอดหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งในครั้งแรกของการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) นักเรียนยังไม่สามารถสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้ แต่เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ซ้ำ ๆ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของธอร์นไดค์ (อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2554) ที่กล่าวว่า หากต้องการให้นักเรียนมีทักษะในเรื่องใดจะต้องทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจเรื่องนั้นอย่างแท้จริง แล้วฝึกฝนให้ทำสิ่งนั้นบ่อย ๆ จะทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ในเรื่องนั้น

ดังนั้นจากเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นสาเหตุให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี ซึ่งผลการวิจัยดังกล่าวยังสอดคล้องกับงานวิจัยของศุภรดา บุญจุฑาสิริกุล (2561) ศึกษาวิจัยเรื่อง การศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ในทุกหัวข้อปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และคะแนนเฉลี่ยการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แยกตามปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แต่เมื่อพิจารณาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบพบว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในด้านการให้เหตุผล (Reasoning) มีคะแนนน้อยที่สุดจากทั้ง

3 องค์ประกอบ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เป็นการจัดการเรียนรู้แบบกิจกรรมกลุ่มนักเรียนในกลุ่มอาจร่วมมือกันสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แต่เมื่อทดสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นการทดสอบแบบรายบุคคล ทำให้นักเรียนไม่สามารถแสดงถึงเหตุผลที่ทำให้เห็นว่าหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างมีความสัมพันธ์กัน เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้มาเชื่อมโยงเพื่อใช้ในการให้เหตุผล (Reasoning) ซึ่งผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของสันติชัย อนุวรชัย (2557) และกฤตกร สภาสันติกุล (2558) พบว่านักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบควบคุมมีคะแนนเฉลี่ยในด้านการให้เหตุผลน้อยที่สุด ครูอาจฝึกให้นักเรียนร่วมกันโต้แย้งเพื่อสร้างข้อสรุปอย่างมีเหตุผล เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลของนักเรียน และที่สำคัญคือเน้นให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองเพื่อนำไปสู่การเชื่อมโยงในการให้เหตุผล (Reasoning) ของนักเรียนได้ด้วย

9. ข้อเสนอแนะ

9.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

9.3.1 ครูวิทยาศาสตร์ที่สนใจนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ควรให้ความสำคัญในการสร้างความเข้าใจร่วมกับนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) มีลำดับขั้นตอนอย่างไรและนักเรียนควรปฏิบัติอย่างไร เพื่อให้การจัดการเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

9.3.2 ครูควรนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) ไปใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษา และระดับมัธยมศึกษาตอนต้น แต่ต้องคำนึงถึงบริบทของนักเรียนเป็นสำคัญและควรเริ่มเตรียมพื้นฐานความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายอย่างต่อเนื่อง จะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเต็มที่

9.3.3 การจัดการเรียนรู้โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) จะเน้นการทำกิจกรรมกลุ่ม ดังนั้นครูจะต้องให้นักเรียนในกลุ่มแบ่งหน้าที่รับผิดชอบให้ชัดเจน

9.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

9.3.1 ในระหว่างการวิจัยพบว่า มีนักเรียนแสดงพฤติกรรมที่เหมาะสม ซึ่งสอดคล้องกับการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ ดังนั้นอาจศึกษาตัวแปรอื่นร่วมด้วย นอกเหนือจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

9.3.2 เนื่องด้วยผลการวิจัยพบว่า ในองค์ประกอบการให้เหตุผลนักเรียนได้คะแนนน้อยที่สุด ดังนั้นควรดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาการให้เหตุผลของนักเรียน โดยอาจใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เน้นการโต้แย้ง เพื่อพัฒนาการให้เหตุผลของนักเรียน

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรกนก เลิศเดชาภัทร และปริณดา ลิมปานนท์ พรหมรัตน์. (2561). ผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 46(2), 1 - 20.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กฤตกร สภาสันติกุล. (2558). *ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบาย อย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2560). เครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (หน่วยที่ 9). (พิมพ์ครั้งที่ 7). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จุฬารัตน์ ธรรมประทีป. (2560). การรู้วิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 4). (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

_____. (2561). การเรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 7). (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

เตชทัต เรืองธรรม. (2559). SWH การเขียนทางวิทยาศาสตร์. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี,* 45(203), 7 - 13.

ทิศนา แขมมณี. (2554). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.* (พิมพ์ครั้งที่ 14). กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.

ธงชัย ชิวปรีชา. (2550). การวัดและการประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 13). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นงลักษณ์ วิรัชชัย. (2560). การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ: สถิติบรรยายและสถิติพาราเมตริก. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (หน่วยที่ 10). (พิมพ์ครั้งที่ 7). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2560). การเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์. *Veridian E-Journal สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ มหาวิทยาลัยศิลปากร*, 10(1), 111 - 127.

_____. (2562). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 12(1), 40 - 54.

_____. (2562). *เพื่อนคู่คิดครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ: การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการเขียนแผนจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: แอคทีฟ พริ้นท์.

ปรีชาญ เดชศรี. (2557). การออกแบบและการจัดการเรียนรู้สำหรับเนื้อหาเคมี. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 13). (พิมพ์ครั้งที่ 2). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป.* กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีการ เทคนิคการสอน 2*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ไพบูรณ์ คะเชนทรพรรค์. (2561). การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยเชิงปริมาณ. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาวิทยานิพนธ์ ขั้น 2.* (หน่วยที่ 6). (พิมพ์ครั้งที่ 4). นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เชียงใหม่คอมเมอร์เชียล.

ราวรรณ แสงอยู่. (2556). *ผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามตามแนวคิดของออสบอร์นที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ลือชา ลดาชาติ และโชคชัย ยืนยง. (2558). สิ่งที่ครูวิทยาศาสตร์ไทยควรเรียนรู้จากโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ. *วารสารปาริชาต มหาวิทยาลัยทักษิณ*, 28(2), 108 - 134.

วราลี สินธุวา. (2560). *การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เทคโนโลยีพันธุศาสตร์โดยใช้การสืบเสาะบนฐานการโต้แย้งด้วยเทคนิค SWH เพื่อพัฒนามุมมองต่อธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการโต้แย้ง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2554). *ทฤษฎีการประเมิน.* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศุภรดา บุญจุฑาสิริกุล. (2561). *การศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

สกนธ์ชัย ชะนูนันท์. (2557). การเขียนเพื่อการรู้วิทยาศาสตร์ : บทวิพากษ์เชิงทฤษฎีและแนวปฏิบัติในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 16(4), 200 - 210.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2556). *รายงานผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-Net) ประจำปีการศึกษา 2552 - 2554*. สืบค้นจาก https://www.niets.or.th/th.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2544). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สกสค.

_____. (2547). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สกสค.

_____. (2559). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6.* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สกสค.

_____. (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศและความเท่าเทียมทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ซัคเซสพับพลิเคชั่น.

_____. (2549, กรกฎาคม 29). รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาการคิดระดับสูง. สืบค้นจาก http://biology.ipst.ac.th/?p=688.

สมคิด พรมจุ้ย. (2560). การวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 13). (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

_____. (2560). การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการ และการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสื่อ นวัตกรรม และการวัด และประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 13). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สันติชัย อนุวรชัย. (2557). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ.*, 7(2), 1 - 14.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2552). *รายงาน เรื่อง สภาพปัญหาและแนวทางแก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอนที่ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: วี.ซี.ที. คอมมิวนิเคชั่น.

สุกัลยา เวชสิทธิ์. (2559). *ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยใช้ผังกราฟิกร่วมกับการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนประถมศึกษาขนาดกลาง อำเภอปะเหลียน จังหวัดตรัง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

สุจินต์ วิศวธีรานนท์. (2560). พื้นฐานทางจิตวิทยาของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 6). (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุทธิดา จำรัส. (2560). การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 1. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะ วิทยวิธีและธรรมชาติของวิทยาศาสตร์.* (หน่วยที่ 8). (พิมพ์ครั้งที่ 5). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุพิมพ์ ศรีพันธ์วรสกุล. (2560). สถิตินันพาราเมตริก. ใน *ประมวลสาระชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (หน่วยที่ 11). (พิมพ์ครั้งที่ 7). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

อรยา แจ่มใจ. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อำพล ขวัญพัก (2557). *ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้สืบสอบ 5 ขั้นตอนร่วมกับการใช้เพลงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และบรรยากาศการเรียนรู้เชิงบวกของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กรุงเทพมหานคร*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

อิทธิพัทธ์ สุวทันพรกูล. (2561). *การวิจัยทางการศึกษา แนวคิดและการประยุกต์ใช้*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Burke, K. A., Greenbowe, T. J. and Hand, B. M. (2006). Implementing the Science Writing Heuristic in the Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 83 (7), 1032-1038. Retrieved from https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed083p1032.

Bybee, R. W., Taylor, J. A., Gardner, A., Scotter, P. V., Powell, J. C., Westbrook, A. and Landes, N. (2006). *The BSCS 5E Instructional Model: Origins, Effectiveness*. Retrieved from https://media.bscs.org/bscsmw/5es/bscs_5e_full_report.pdf.

Chiappetta, E. L. and Koballa, T. R. (2010). *Science Instruction in the Middle and Secondary School: Developing Fundamental Knowledge and Skills.* (7th edition). USA: Pearson Education.

Hand, B. M. (2008) *Science Inquiry, Argument and Language: A Case for the Science Writing Heuristic*. Retrieved from https://brill.com/view/title/37522?lang=en.

McNeill, K. L., and Krajcik, J. (2008). Scientific explanations: Characterizing and evaluating the effects of teachers' instructional practices on student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 53-78. Retrieved from https://deepblue.lib.umich.edu/handle/2027.42/57509.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., and Marx, R. W. (2006). Supporting students' construction of scientific explanations by fading scaffolds in instructional materials. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(2), 153 - 191. Retrieved from https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/s15327809jls1502_1.

Nam, J., Chol, A. and Hand, B. M. (2010). Implementation of the science writing heuristic *(SWH)* approach in 8th*grade science classrooms*. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 9, 1111-1133. Retrieved from https://link.springer.com/article/10.1007/s10763-010-9250-3.

Nurnberg, D. (2017). *Writing*-to-*Learn* in *High-School Chemistry*: *The Effects of Using the Science Writing Heuristic to Increase Scientific Literacy*. Retrieved from https://repository.usfca.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1344&context=diss.

Osborne, J. F., and Patterson, A. (2011). Scientific Argument and Explanation: A Necessary Distinction?. *Science Education*, 95(4), 627-638.

Poock, Burke, K. A., and Hand, B. M. (2007). Using the Science Writing Heuristic in the General Chemistry Laboratory To Improve Students' Academic Performance. *Journal of Chemical Education,* 84(8), 1371-1379. Retrieved from https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed084p1371.

Putti, A. (2011). High School Students' Attitudes and Beliefs on Using the Science Writing Heuristic in an Advanced Placement Chemistry Class. *Journal of Chemical Education,* 88(4), 516-521. Retrieved from https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ed100135w.

Rudd, J. A., Greenbowe, T. J., and Hand, B. M. (2007). Using the Science Writing Heuristic *To* Improve Students' Understanding *of* General *Equilibrium*. *Journal of Chemical Education,* 84(12), 2007-2011. Retrieved from https://pubs.acs.org/doi/10.1021/ed084p2007.

Ruiz-Primo, M. A., Li, Tsai and Schneider (2010). *Testing one premise of scientific inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning*. Research Report Graduate School of Education & Information Science. University of California. Los Angeles. Retrieved from https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/tea.20356.

Szesze, M. (2001, July 17). *5E's Activities*. Retrieved from http://academic.pgcc.edu/~bgage/5E.doc.

Woody, A. I. (2015). *Re-orienting discussions of scientific explanation: A functional perspective. Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 52, 79-87. Retrieved from https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0039368115000400.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ชื่อ นางสาวพัชรี ลิ้มสุวรรณ
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร
   วุฒิการศึกษา กศ.บ. (วิทยาศาสตร์-เคมี) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา
   กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา-เคมี) มหาวิทยาลัยนเรศวร

2. ชื่อ นายวุฒิพล รัตนพร
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการพิเศษ
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนสอาดเผดิมวิทยา อำเภอเมือง จังหวัดชุมพร
   วุฒิการศึกษา วท.บ. (วิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
   วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

3. ชื่อ นางอังคาร์ เทพรัตนนันท์
   ตำแหน่ง ครู วิทยฐานะชำนาญการ
   สถานที่ทำงาน โรงเรียนสวนศรีวิทยา อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร
   วุฒิการศึกษา วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยมหิดล
   ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา) มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ภาคผนวก ข

ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ความตรงเชิงเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			**M**	**SD**	**ระดับความเหมาะสม**
	1	**2**	**3**			
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
3. สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	4	5	4	4.33	0.58	มาก
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5.1 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เกี่ยวกับเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	3	4.33	1.15	มาก
5.5 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				**4.59**	**0.64**	**มากที่สุด**

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ความตรงเชิงเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			**M**	**SD**	**ระดับความเหมาะสม**
	1					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
3. สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5.1 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เกี่ยวกับเรื่องความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับเรื่องความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.5 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	5	5	3	4.33	1.15	มาก
รวมเฉลี่ย				**4.63**	**0.64**	**มากที่สุด**

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ความตรงเชิงเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			**M**	**SD**	**ระดับความเหมาะสม**
	1					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
3. สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5.1 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เกี่ยวกับเรื่องพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5	5	3	4.33	1.15	มาก
5.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับเรื่องพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.5 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				**4.63**	**0.64**	**มากที่สุด**

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ความตรงเชิงเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			**M**	**SD**	**ระดับความเหมาะสม**
	1					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
3. สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5.1 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เกี่ยวกับเรื่องอุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5	5	3	4.33	1.15	มาก
5.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับเรื่องอุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.5 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				**4.63**	**0.64**	**มากที่สุด**

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

ความตรงเชิงเนื้อหาของแผนการจัดการเรียนรู้	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			**M**	**SD**	**ระดับความเหมาะสม**
	1					
1. จุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
3. สาระสำคัญ และผลการเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
4. จุดประสงค์การเรียนรู้ และการประเมินผลมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้ 5.1 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH) เกี่ยวกับเรื่องตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยา	5	5	3	4.33	1.15	มาก
5.2 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมการสร้างองค์ความรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับเรื่องตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยา	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้มีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	3	4.33	1.15	มาก
5.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้ และสาระสำคัญมีความสอดคล้องกันครบถ้วน	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5.5 กระบวนการจัดการเรียนรู้ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				**4.59**	**0.71**	**มากที่สุด**

ภาคผนวก ค

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตรา
การเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตาราง ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยผู้เชี่ยวชาญ

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			IOC	การแปลผล
	1	2	3		
1	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
2	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
3	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
4	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
5	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
6	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
7	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
8	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
9	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
10	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
11	+1	+1	-1	0.33	ใช้ไม่ได้
12	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
13	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
14	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
15	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
16	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
17	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
18	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
19	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
20	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
21	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
22	+1	+1	1	1.00	ใช้ได้

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)			IOC	การแปลผล
	1	2	3		
23	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
24	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
25	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
26	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
27	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
28	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
29	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
30	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
31	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
32	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้
33	+1	+1	0	0.67	ใช้ได้
34	+1	+1	+1	1.00	ใช้ได้

ภาคผนวก ง

ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 1

ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			**M**	**SD**	**ระดับความเหมาะสม**
	1	**2**	**3**			
1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้อกล่าวอ้างที่ค้นพบคือปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีคือความเข้มข้นของสาร	5	5	5	5.00	0.0	มากที่สุด
2. ข้อคำถามนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้างของนักเรียน	5	5	5	5.00	0.0	มากที่สุด
3. ข้อคำถามนำไปสู่การแสดงหลักฐาน หรือแสดงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
4. ข้อคำถามนำไปสู่การให้เหตุผล หรือเชื่อมโยงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5. แนวทางในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 5.1 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบหลักฐานมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบเหตุผลมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				**4.72**	**0.23**	**มากที่สุด**

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 2

ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			**M**	**SD**	**ระดับความเหมาะสม**
	1	**2**	**3**			
1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้อกล่าวอ้างที่ค้นพบคือปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีคือพื้นที่ผิวของสาร	5	5	5	5.00	0.0	มากที่สุด
2. ข้อคำถามนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้างของนักเรียน	5	5	5	5.00	0.0	มากที่สุด
3. ข้อคำถามนำไปสู่การแสดงหลักฐาน หรือแสดงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
4. ข้อคำถามนำไปสู่การให้เหตุผล หรือเชื่อมโยงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ	5	5	4	4.67	0.58	มากที่สุด
5. แนวทางในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 5.1 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบหลักฐานมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบเหตุผลมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				**4.67**	**0.27**	**มากที่สุด**

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 3

ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			M	SD	**ระดับความเหมาะสม**
	1	2	3			
1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้อกล่าวอ้างที่ค้นพบคือปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีคืออุณหภูมิ	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ข้อคำถามนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้างของนักเรียน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ข้อคำถามนำไปสู่การแสดงหลักฐาน หรือแสดงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
4. ข้อคำถามนำไปสู่การให้เหตุผล หรือเชื่อมโยงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
5. แนวทางในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 5.1 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบหลักฐานมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบเหตุผลมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				**4.62**	**0.30**	**มากที่สุด**

ตาราง คะแนนของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 4

ความตรงเชิงเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์	**ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ (คนที่)**			M	SD	**ระดับความเหมาะสม**
	1	2	3			
1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ข้อกล่าวอ้างที่ค้นพบคือปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีคือตัวเร่งปฏิกิริยา	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ข้อคำถามนำไปสู่การสร้างข้อกล่าวอ้างของนักเรียน	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ข้อคำถามนำไปสู่การแสดงหลักฐาน หรือแสดงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
4. ข้อคำถามนำไปสู่การให้เหตุผล หรือเชื่อมโยงข้อมูลที่สนับสนุนคำตอบ	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
5. แนวทางในการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ 5.1 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.2 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบหลักฐานมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	5	4.67	0.58	มากที่สุด
5.3 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบเหตุผลมีความถูกต้องและเหมาะสม	4	5	4	4.33	0.58	มากที่สุด
รวมเฉลี่ย				**4.62**	**0.30**	**มากที่สุด**

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการเขียนทางวิทยาศาสตร์ (SWH)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2
ชื่อหน่วย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี **เรื่อง** ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
เวลาเรียน 3 ชั่วโมง

1. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

ทดลอง วิเคราะห์ข้อมูล และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. สาระการเรียนรู้

1. ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. สาระสำคัญ

เมื่อความเข้มข้นมากอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น หรือเมื่อลดความเข้มข้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง การเพิ่มหรือลดความเข้มข้นหมายถึงการเพิ่มหรือลดจำนวนอนุภาคของสารในระบบ ฉะนั้นตามทฤษฎีการชนกันของโมเลกุล อธิบายได้ว่า ถ้ามีจำนวนอนุภาคมากโอกาสที่อนุภาคจะชนกันจะมีมากกว่าจำนวนอนุภาคน้อย และโอกาสที่โมเลกุลจะมี พลังงานจลน์สูงก็มีมากขึ้นฉะนั้นโอกาสในการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ความเข้าใจ (K) นักเรียนสามารถ

1. อธิบายผลของความเข้มข้นของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

ด้านทักษะกระบวนการ (P) นักเรียนสามารถ

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้นของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลาได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. นักเรียนสนใจใฝ่รู้และร่วมกิจกรรมในชั้นเรียน
2. นักเรียนเข้าชั้นเรียนตรงเวลา

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูเล่าสถานการณ์ต่อไปนี้ “ครูทำการทดลองปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับโลหะแมกนีเซียม จำนวน 2 ชุดการทดลอง โดยครูควบคุมปริมาณทุกอย่างเท่ากัน ใช้ปริมาณสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเท่ากัน ขนาดโลหะลวดแมกนีเซียมยาวเท่ากัน แต่ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริก 2 ชุด

การทดลองแตกต่างกัน” ครูให้นักเรียนคาดคะเนผลที่จะเกิดขึ้น และครูให้นักเรียนตั้งข้อสงสัยจากสถานการณ์ดังกล่าว

2. ครูให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดเกี่ยวกับความเข้มข้นที่แตกต่างกันจะส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่

3. ครูฝึกให้นักเรียนตั้งคำถามหรือข้อสงสัยของตัวเองจากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ นักเรียนเขียนคำถามหรือข้อสงสัยลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 1 การกำหนดปัญหา/คำถาม** เพื่อนำไปสู่การทดลองที่ 6.2

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)

4. ครูให้นักเรียนวางแผนการทดลอง การทดลองที่ 6.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยนักเรียนระบุวิธีการทดสอบ หรือข้อควรระวังลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 2 การทดสอบ**

5. ครูให้นักเรียนทำการทดลอง สังเกต บันทึกผลการทดลอง ลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 3 การสังเกต**

6. ครูให้นักเรียนคำนวณความเข้มข้นของสารละลาย และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับเวลา สังเกตความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นกับเวลา

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

7. ครูตั้งคำถามและให้นักเรียนตอบโดยใช้ข้อมูลจากตารางบันทึกผลการทดลอง

- ตะกอนที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองคือสารใด
- การทดลองนี้วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยวิธีใด
- ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตและสารละลายกรดไฮโดรคลอริกมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อย่างไร
- การเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีความสัมพันธ์กับการเพิ่มหรือลดจำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นในระบบอย่างไร

นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

8. ครูให้นักเรียนเขียนข้อสรุปที่ได้จากผลการทดลอง ลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 4 ข้อสรุป** และให้นักเรียนวาดภาพประกอบคำอธิบาย

9. ครูให้นักเรียนระบุหลักฐานสนับสนุนข้อสรุปของนักเรียน ลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 5 หลักฐาน**

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

10. ครูให้นักเรียนแลกเปลี่ยนแบบบันทึกผลการทดลองตามแบบ SWH กับเพื่อนเพื่อให้นักเรียนตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง และระบุแนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนร่วมห้องลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 6.1 แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนร่วมห้อง** หรือค้นคว้าข้อมูลจากภายนอก ลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 6.2 แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบจากข้อมูลภายนอก**

11. ครูให้นักเรียนสะท้อนความคิดว่าแนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมหรือไม่หลังจากการอ่าน หากแนวคิดเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมให้นักเรียนเขียนอธิบายเพิ่มเติมว่าแนวคิดของนักเรียนเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร ลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 7 การสะท้อนความคิด**

12. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไรก็ตามยังมีบางปฏิกิริยาที่อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นชนิดใดชนิดหนึ่งเท่านั้น หรือบางปฏิกิริยาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก็ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของสารตั้งต้น เช่น ปฏิกิริยาการกำจัดแอลกอฮอล์ออกจากกระแสเลือดโดยตับ

ขั้นประเมิน (Evaluation)

13. ครูให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความเข้มข้นของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยแสดงข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล ในแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH **ข้อที่ 8 การเขียน**

14. กิจกรรมถามตอบในชั้นเรียน

6. การวัดและประเมินผล

เป้าหมาย	วิธีวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมินผล
ด้านความรู้ความเข้าใจ	ตรวจสอบแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH	แบบประเมินแบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH	ทำถูกต้อง 50% ขึ้นไป
ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติการทดลอง	แบบประเมินพฤติกรรมการปฏิบัติงานและทักษะการทดลอง	ได้รับคะแนน 2 ขึ้นไป
ด้านคุณลักษะอันพึงประสงค์	สังเกตพฤติกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรม	ได้ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป

7. สื่อและแหล่งเรียนรู้

1. หนังสือประกอบการเรียน รายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3 หน้าที่ 19-23
2. ชุดการทดลองเรื่องการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
3. แบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH

8. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้จัดทำ

(นางสาวศศิกานต์ นิ่มดำ)

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

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

แบบบันทึกผลการทดลองแบบ SWH

การทดลอง การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คำชี้แจง ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองให้ครบถ้วนตามหัวข้อต่อไปนี้

1. ปัญหา/คำถาม (Beginning ideas)

.....

.....

2. การทดสอบ (Tests)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. การสังเกต (Observations)

.....

.....

.....

.....

.....

☞ ***ผลการทดลอง***

ตอนที่ 1

หลอดที่	**ปริมาตรของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ (cm^3)**	**ปริมาตรของน้ำ (cm^3)**	**ความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ (mol/cm^3)**	**เวลา (s)**
1				
2				

หลอดที่	ปริมาตรของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ (cm^3)	ปริมาตรของน้ำ (cm^3)	ความเข้มข้นของสารละลาย $Na_2S_2O_3$ (mol/cm^3)	เวลา (s)
3				
4				
5				

ตอนที่ 2

หลอดที่	ปริมาตรของสารละลาย HCl (cm^3)	ปริมาตรของน้ำ (cm^3)	ความเข้มข้นของสารละลาย HCl (mol/cm^3)	เวลา (s)
1				
2				
3				
4				
5				

4. ข้อสรุป (Claims)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. หลักฐาน (Evidence)

.....

.....

.....

6. การอ่าน (Reading)

☞ *แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับเพื่อนร่วมห้อง*

.....

.....

.....

☞ *แนวคิดของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบจากข้อมูลภายนอก*

.....

.....

.....

7. การสะท้อนความคิด (Reflection)

.....

.....

.....

8. การเขียน (Writing)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฉ

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หาได้จากความสัมพันธ์ใด
   ก. ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงต่อหนึ่งหน่วยเวลา
   ข. ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นหนึ่งหน่วยเวลา
   ค. ปริมาณสารตั้งต้นที่เหลืออยู่ต่อเวลาในการดำเนินปฏิกิริยา
   ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ข.
2. $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$
   จากปฏิกิริยาพบว่าเมื่อปฏิกิริยาใกล้สิ้นสุด อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนจะลดลง เป็นเพราะเหตุใด
   ก. อุณหภูมิลดลง
   ข. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง
   ค. ผลิตภัณฑ์รวมตัวกันกลับไปเป็นสารตั้งต้นมากขึ้น
   ง. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นทำหน้าที่เป็นตัวขัดขวางปฏิกิริยา
3. ข้อใดคือความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยา
   ก. อัตราซึ่งสารตั้งต้น ทำปฏิกิริยาไปต่อหน่วยเวลา
   ข. อัตราซึ่งสารตั้งต้น เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาต่อหน่วยเวลา
   ค. อัตราซึ่งสารผลิตภัณฑ์ เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาต่อหน่วยเวลา
   ง. ถูกทั้งข้อ ก. และ ค.
4. $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$
   จากปฏิกิริยา สามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้หลายวิธี แต่วิธีที่สะดวกที่สุดคือวิธีใด
   ก. วัดปริมาตรแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้นต่อเวลา
   ข. วัดมวลของแมกนีเซียมที่ลดลงต่อเวลา
   ค. วัดความเข้มข้นของ HCl ที่ลดลงตลอดเวลา
   ง. วัดความเข้มข้นของ $MgCl_2$ ที่เกิดขึ้นตลอดเวลา

5. ข้อใด**<u>ไม่ถูกต้อง</u>**เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง

ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง

ข. อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารตั้งต้นที่เพิ่มขึ้น

ค. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งนี้มีได้หลายค่า ที่เวลาต่างกันจะมีค่าไม่เท่ากัน

ง. การเปลี่ยนแปลงปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ณ ช่วงใดช่วงหนึ่ง ขณะที่ปฏิกิริยากำลังดำเนินอยู่ในหนึ่งหน่วยเวลา

6. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยแตกต่างจากอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งอย่างไร

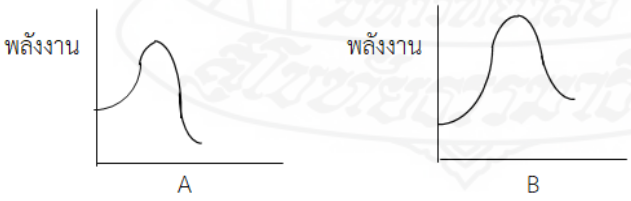
ก. อัตราปฏิกิริยาเฉลี่ยเป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดปฏิกิริยา มีได้หลายค่า แต่อัตราการปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง เปลี่ยนแปลงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ลดลง ณ ช่วงใดช่วงหนึ่ง ขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินอยู่ในหนึ่งหน่วยเวลา

ข. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงปริมาณ ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดปฏิกิริยา มีได้หลายค่า แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง เปลี่ยนแปลงสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินอยู่ในหนึ่งหน่วยเวลา

ค. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยเปลี่ยนแปลงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดปฏิกิริยามีได้ค่าเดียว แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งเปลี่ยนแปลงปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ณ ช่วงเวลาหนึ่ง ขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินอยู่ในหนึ่งหน่วยเวลา

ง. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยเป็นการเปลี่ยนแปลงปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ลดลงตั้งแต่เริ่มจนสิ้นสุดปฏิกิริยา มีได้ค่าเดียว แต่อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งเปลี่ยนแปลงปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ณ ช่วงใดช่วงหนึ่ง ขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินอยู่ในหน่วยเวลา

7. พิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา A และ B ที่อุณหภูมิเดียวกันปฏิกิริยาใดเกิดเร็วกว่า เพราะอะไร



การดำเนินไปของปฏิกิริยา

ก. ปฏิกิริยา A เกิดเร็วกว่า เพราะมีพลังงานก่อกัมมันต์ต่ำกว่า

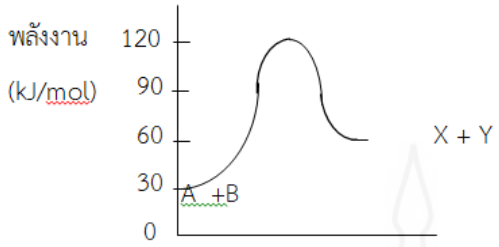
ข. ปฏิกิริยา A เกิดเร็วกว่า เพราะเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

ค. ปฏิกิริยา B เกิดเร็วกว่า เพราะผลิตภัณฑ์มีพลังงานสูงกว่า

ง. ปฏิกิริยา B เกิดเร็วกว่า เพราะจำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่า

8. กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

A(aq) + B(aq) → X(aq) + Y(aq) เป็นดังนี้



การดำเนินไปของปฏิกิริยา

1. ปฏิกิริยานี้ดูดพลังงาน 30 kJ
2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสาร A และ B
3. พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาเท่ากับ 120 kJ

ข้อใดแปลความหมายจากกราฟได้ถูกต้อง

ก. ข้อ 1 , 2 ข. ข้อ 2 , 3

ค. ข้อ 1 , 2 , 3 ง. ไม่มีข้อถูก

9. จากปฏิกิริยา $2A_2B(g) \rightarrow 2A_2(g) + B_2(g)$ สาร A_2B มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นดังนี้

ความเข้มข้นของสาร A_2B (mol/dm^3)	**เวลา (s)**
5.0	0
3.5	5
X	10
2.0	15
1.7	20
1.5	25

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ยมีค่าเท่าใด

ก. 0.06 $mol/dm^3/s$ ข. 0.14 $mol/dm^3/s$

ค. 0.18 $mol/dm^3/s$ ง. 0.32 $mol/dm^3/s$

10. ในการวัดอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาระหว่างลวดแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 mol/dm^3 ได้ผลดังนี้

ปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น (cm^3)	เวลา (s)
0 - 1	3
1 - 2	5
2 - 3	12
3 - 4	20

ช่วงเวลาใดมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงสุด

ก. 3 วินาที ข. 5 วินาที

ค. 12 วินาที ง. 20 วินาที

11. จากการทดลองในข้อ 10

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยมีค่าเท่าใด

ก. 0.05 cm^3/s ข. 0.10 cm^3/s

ค. 0.15 cm^3/s ง. 0.20 cm^3/s

12. เมื่อวางโลหะแมกนีเซียมทิ้งไว้ในอากาศจะไม่มีปฏิกิริยาเกิดขึ้น จนกว่าจะจุดด้วยไม้ขีดไฟ หมายความว่าอย่างไร

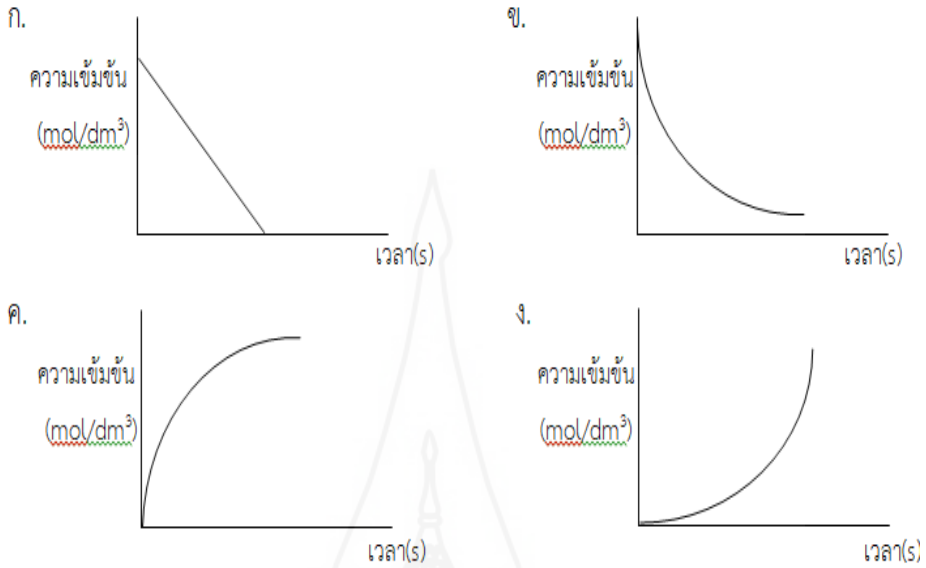
ก. เมื่อจุดด้วยไม้ขีดไฟ แมกนีเซียมจะสัมผัสกับออกซิเจน

ข. พลังงานความร้อยจากไม้ขีดไฟ ช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ลง

ค. ปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมกับออกซิเจนเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน

ง. สภาพปกติแมกนีเซียมและออกซิเจนมีพลังงานต่ำกว่าพลังงานก่อกัมมันต์

13. กราฟรูปใดแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย HCl ซึ่งเป็นสารตั้งต้นกับเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้อง



14. เพราะเหตุใด การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น มีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มสูงขึ้น

ก. จำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นเพิ่มมากขึ้น จึงมีโอกาสชนกันได้มากขึ้น

ข. จำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ลดลง

ค. จำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นเพิ่มขึ้น

ง. จำนวนอนุภาคของสารตั้งต้นเพิ่มมากขึ้น ทำให้อนุภาคของสารตั้งต้นชนกันแรงขึ้น

15. สาร A และสาร B ทำปฏิกิริยากัน ได้ผลการทดลองดังตาราง

ความเข้มข้นของสาร A (mol/dm^3)	ความเข้มข้นของสาร B (mol/dm^3)	เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา (s)
0.20	0.20	29
0.40	0.40	13
0.20	0.40	13
0.40	0.20	29

จากผลการทดลองนี้ ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

ก. ความเข้มข้นของสาร B ไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ข. เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร A อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น

ค. เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร B อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น

ง. ความเข้มข้นของสาร A และ สาร B มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

16. การทดลองในข้อใด มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุดที่อุณหภูมิเดียวกัน

ก. ใส่โลหะแมกนีเซียมผง 1 กรัม ลงในสารละลาย HCl 0.1 mol/dm^3 จำนวน 100 cm^3

ข. ใส่โลหะแมกนีเซียมผง 1 กรัม ลงในสารละลาย HCl 0.2 mol/dm^3 จำนวน 100 cm^3

ค. ใส่แผ่นโลหะแมกนีเซียม 1 กรัม ลงในสารละลาย HCl 0.1 mol/dm^3 จำนวน 100 cm^3

ง. ใส่แผ่นโลหะแมกนีเซียม 1 กรัม ลงในสารละลาย HCl 0.2 mol/dm^3 จำนวน 100 cm^3

17. “เมื่อใส่สารละลาย HCl เข้มข้น 1 mol/dm^3 จำนวน 50 cm^3 ลงในหินปูนชิ้นเล็ก ๆ จะมีแก๊ส CO_2 เกิดขึ้น”

การเปลี่ยนแปลงในข้อใดที่***<u>ไม่ทำ</u>***ให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในช่วงเริ่มต้นเพิ่มขึ้น

ก. บดหินปูนให้เป็นผงละเอียด

ข. ใช้สารละลาย HCl เข้มข้น 3 mol/dm^3 25 cm^3

ค. ใช้สารละลาย HCl เข้มข้น 2 mol/dm^3 50 cm^3

ง. ใช้สารละลาย HCl เข้มข้น 1 mol/dm^3 100 cm^3

18. จากปฏิกิริยา $AgNO_3(aq) + HCl(aq) \rightarrow AgCl(s) + HNO_3(aq)$

1) เพิ่มพื้นที่ผิวของ AgCl และ HNO_3

2) เพิ่มความเข้มข้นของ $AgNO_3$ และ HCl

3) เพิ่มอุณหภูมิของสารละลาย $AgNO_3$ และ HCl

การทดลองในข้อใดส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีค่าเพิ่มขึ้น

ก. 1) และ 2)

ข. 1) และ 3)

ค. 2) และ 3)

ง. 1) 2) และ 3)

19. นาย A สังเกตเห็นว่าปฏิกิริยาระหว่างเหล็กกับออกซิเจนที่อุณหภูมิห้องเกิดได้ช้า ถ้านาย A ต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้นจะต้องทำอย่างไร

ก. ทดลองในสถานที่ที่มีความดันสูง

ข. ทดลองในสถานที่ที่มีอุณหภูมิต่ำ

ค. เพิ่มปริมาตรแก๊สออกซิเจนให้มากขึ้น

ง. เผาเหล็กให้ร้อนจัดก่อนแล้วผ่านแก๊สออกซิเจนลงไป

20. ผสมสารละลายซูโครส เข้มข้น 0.5 mol/dm^3 ปริมาตร 50 cm^3 กับสารละลาย H_2SO_4 เข้มข้น 1 mol/dm^3 ปริมาตร 5 cm^3 เกิดปฏิกิริยาได้น้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลฟรุกโตส หากต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นควรอย่างไร

1) เพิ่มอุณหภูมิ

2) เพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสของสารตั้งต้น

3) เพิ่มความเข้มข้นของสารละลายซูโครส

4) เพิ่มปริมาตรของสารละลายน้ำตาลซูโครส

ก. ข้อ 1 , 3 ข. ข้อ 1 , 2 , 3

ค. ข้อ 1 , 3 , 4 ง. ข้อ 1 , 2 , 3 , 4

21. ข้อใดมีผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีผลไปในทิศทางเดียวกัน

ก. เพิ่มอุณหภูมิ เพิ่มความดัน

ข. เพิ่มพื้นที่ผิว ใส่ตัวหน่วงปฏิกิริยา

ค. เพิ่มพื้นที่ผิว เพิ่มขนาดภาชนะที่บรรจุ

ง. เพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น เพิ่มพลังงานก่อกัมมันต์

22. “ถ้าเติมสารชนิดหนึ่งลงไปในสาร A + B แล้วทำให้เกิดสาร C ซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ช้าลง” คำกล่าวต่อไปนี้ข้อใดถูกต้อง

ก. สารชนิดหนึ่ง ไม่เกี่ยวข้องในการเกิดสาร C

ข. สารชนิดหนึ่ง เป็นสารที่ยับยั้งการเกิดสาร A

ค. สารชนิดหนึ่ง เป็นสารที่ยับยั้งการเกิดปฏิกิริยา

ง. สารชนิดหนึ่ง เป็นสารที่ใช้เร่งในการเกิดปฏิกิริยาของสาร A + B

23. ข้อใดคือหน้าที่ของตัวเร่งปฏิกิริยา

ก. ลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา

ข. เพิ่มพลังงานให้กับโมเลกุลของระบบ

ค. ช่วยเพิ่มจำนวนครั้งของการชนกันของโมเลกุลของสารตั้งต้น

ง. ลดความแตกต่างระหว่างพลังงานของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์

24. ปฏิกิริยาในข้อใดเป็นตัวอย่างที่แสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไม่ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้น

ก. ปฏิกิริยาการกำจัดแอลกอฮอล์ในเลือดของคน

ข. ปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

ค. ปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไทโอซัลเฟตกับกรดไฮโดรคลอริก

ง. ปฏิกิริยาระหว่างกรดออกซาลิกกับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

25. ปฏิกิริยาเคมีของสารชนิดหนึ่งเกิดขึ้นช้า แต่เมื่อเติมผงนิกเกิลลงไปในปฏิกิริยา พบว่าปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว และเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาแล้วพบว่าผงนิกเกิลยังคงมีปริมาณและคุณสมบัติคงเดิม ผงนิกเกิลมีผลต่อปฏิกิริยาอย่างไร

ก. ลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา

ข. เพิ่มพลังงานจลน์ให้แก่โมเลกุลของสารตั้งต้น

ค. เพิ่มความสามารถในการผสมสารให้ทำปฏิกิริยากัน

ง. ลดความแตกต่างระหว่างระดับพลังงานของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์

26. ปฏิกิริยาระหว่างแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกเป็นดังนี้

$Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$

พบว่าเมื่อปฏิกิริยาใกล้สิ้นสุด อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนจะลดลง เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

ก. ผลิตภัณฑ์ขัดขวางปฏิกิริยา
ข. อุณหภูมิของปฏิกิริยาลดลง
ค. ความเข้มข้นของสารตั้งต้นลดลง
ง. ผลิตภัณฑ์รวมตัวไปเป็นสารตั้งต้นมากขึ้น

27. ปัจจัยในข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีค่าลดลง

ก. การเติมตัวเร่งปฏิกิริยา
ข. การเพิ่มความดันของปฏิกิริยา
ค. การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น
ง. การใช้สารที่เป็นก้อนแทนสารที่เป็นผง

28. เพราะเหตุใดเมื่อเพิ่มอุณหภูมิอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงสูงขึ้น

ก. พลังงานก่อกัมมันต์เพิ่มสูงขึ้น
ข. โมเลกุลของสารเกิดการขยายใหญ่ขึ้น
ค. โมเลกุลบางส่วนมีพลังงานกระตุ้นสูงขึ้น
ง. โมเลกุลมีพลังงานสูงขึ้น ทำให้เกิดการชนกันมากขึ้น

29. ปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับแก๊สชนิดหนึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา หากต้องการให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มสูงขึ้น ควรทำอย่างไร

ก. ลดอุณหภูมิลง
ข. ลดความดันของแก๊ส
ค. ลดขนาดของของแข็ง
ง. รักษาความกดดันให้คงที่

30. ข้อใดต่อไปนี้เมื่อเปลี่ยนความดันจะไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ก. $C(s) + CO_2(g) \rightarrow 2CO(g)$
ข. $N_2(g) + 3H_2(g) \rightarrow 2NH_3(g)$
ค. $2SO_2(g) + O2(g) \rightarrow 2SO_3(g)$
ง. $NaOH(aq) + HCl(aq) \rightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

ภาคผนวก ช

ตัวอย่างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คำชี้แจง ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยการตอบคำถามต่อไปนี้

1. ธนากรทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสารละลาย A เป็นสารตั้งต้น ผลการทดลองที่ธนากรบันทึกได้เป็นดังนี้

การทดลองที่	**ความเข้มข้นของสารละลาย A (mol/dm^3)**	**ปริมาตรที่ใช้ (cm^3)**	**อุณหภูมิ (^oC)**	**เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา (s)**
1	0.1	20	25	100
2	0.5	20	25	80
3	1.0	20	25	60
4	1.5	20	25	40
5	2.0	20	25	20

จากข้อมูลในตารางให้สรุปว่า

1.1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับปัจจัยใด

.....

.....

1.2 ให้นักเรียนระบุหลักฐานเพื่อสนับสนุนคำตอบของนักเรียนในข้อ 1.1

.....

.....

1.3 ให้นักเรียนระบุเหตุผลหรือวาดภาพประกอบคำอธิบายที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อสรุป

.....

.....

.....

.....

เกณฑ์การให้คะแนนคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	1	0
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้อง ซึ่งก็คือความเข้มข้นของสาร	ระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ถูกต้อง แต่อาจจะยังไม่ชัดเจนหรือผิดบางส่วน เช่น ความเข้มข้นของสารและอุณหภูมิ เป็นต้น	ระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไม่ถูกต้อง เช่น ปริมาตรของสารตั้งต้นและอุณหภูมิ เป็นต้น หรือไม่ตอบ
หลักฐาน	เขียนแสดงหลักฐานที่ถูกต้องและเหมาะสม เช่น จากตารางบันทึกผลที่ความเข้มข้น 0.1 m เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 100 s ที่ความเข้มข้น 0.5 m เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 80 s ที่ความเข้มข้น 1.0 m เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 60 s ที่ความเข้มข้น 1.5 m เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 40 s ที่ความเข้มข้น 2.0 m เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา 20 s พบว่าเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยามีค่าลดลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มมากขึ้นซึ่งในการทดลองปริมาตรของสารที่ใช้และอุณหภูมิมีค่าคงที่ จึงไม่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ความเข้มข้นของสาร	เขียนแสดงหลักฐานที่เหมาะสมได้บางส่วนหรือผิดบางส่วน เช่น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลาย A พบว่าเวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีค่าลดลง เช่นเดียวกับอุณหภูมิที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและอุณหภูมิ เป็นต้น แต่ไม่ได้มีการกล่าวถึงข้อมูลจากตารางบันทึกผลการทดลอง	ไม่สามารถเขียนแสดงหลักฐานที่เหมาะสมได้ หรือไม่ตอบ

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	1	0
เหตุผล	ระบุเหตุผลได้ถูกต้องและครบถ้วน หรือสามารถวาดภาพประกอบคำอธิบายได้ถูกต้อง เมื่อความเข้มข้นมากขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นเป็นการเพิ่มจำนวนอนุภาคของสารในระบบ ถ้ามีจำนวนอนุภาคมากโอกาสที่อนุภาคจะชนกันจะมีมากกว่าจำนวนอนุภาคน้อย เป็นไปตามทฤษฎีการชนกันของอนุภาค	ระบุเหตุผลเหตุผลได้เพียงบางส่วนหรือผิดบางส่วน หรือสามารถวาดภาพประกอบคำอธิบายได้บางส่วน แต่ไม่ได้กล่าวถึงทฤษฎีการชนกันของอนุภาค เช่น เมื่อความเข้มข้นมากอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น การเพิ่มความเข้มข้นหมายถึงการเพิ่มจำนวนอนุภาคของสารในระบบ	ไม่สามารถระบุเหตุผลได้หรือระบุเหตุผลไม่ถูกต้องหรือไม่ตอบ

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาวศศิกานต์ นิ่มดำ
วัน เดือน ปีเกิด	14 พฤศจิกายน 2533
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง
ประวัติการศึกษา	การศึกษาบัณฑิต วิชาเอกวิทยาศาสตร์-เคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ. 2556
สถานที่ทำงาน	โรงเรียนพะโต๊ะวิทยา อำเภอพะโต๊ะ จังหวัดชุมพร
ตำแหน่ง	ครู (ค.ศ.1)