การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

โดย

มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม

หลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

วิทยาลัยครูสุริยเทพ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต

ปีการศึกษา 2562

THE DEVELOPMENT OF GRADE 10 STUDENTS'SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY IN PROPERTIES OF MATTER USING INQUIRY-BASED LEARNING

BY

MINGMOOK SUTTIKITTIPONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENTS FOR

THE DEGREE OF MASTER OF ARTS IN TEACHING SCIENCE

SURYADHEP TEACHERS COLLEGE

GRADUATE SCHOOL, RANGSIT UNIVERSITY

ACADEMIC YEAR 2019

วิทยานิพนธ์เรื่อง

การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

โดย
มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์

ได้รับการพิจารณาให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต
ปีการศึกษา 2562

รศ.ดร.บุญเอก ยิ่งยงณรงค์กุล
ประธานกรรมการสอบ

รศ.ดร.กาญจนา จันทร์ประเสริฐ
กรรมการ

ดร.ดารุณี เสริฐผล
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(ผศ. ร.ต. หญิง ดร. วรรณี ศุขสาตร)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
4 มิถุนายน 2563

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

Thesis entitled

THE DEVELOPMENT OF GRADE 10 STUDENTS' SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY IN PROPERTIES OF MATTER USING INQUIRY-BASED LEARNING

by

MINGMOOK SUTTIKITTIPONG

was submitted in partial fulfillment of the requirements
for the degree of Master of Arts in Teaching Science

Rangsit University
Academic Year 2019

Assoc. Prof. Boon-ek Yingyongnarongkul, Ph.D.
Examination Committee Chairperson

Assoc. Prof. Kanchana Chanprasert, Ed.D.
Member

Darunee Sertphon, Ph.D.
Member and Advisor

Approved by Graduate School

(Asst.Prof.Plt.Off. Vannee Sooksatra, D.Eng.)
Dean of Graduate School
June 4, 2020

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้เป็นอย่างดีเนื่องมาจากได้รับความอนุเคราะห์จาก รศ. ดร.บุญเอก ยิ่งยงณรงค์กุล ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รศ. ดร.กาญจนา จันทร์ประเสริญ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.ดารุณี เสริฐผล อาจารย์ที่ปรึกษา ตลอดจนผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ให้ความคิดเห็นและข้อสังเกตอันเป็น ประโยชน์จนทำให้การจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้โดยสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ผศ.อรพรรณ ทองประสงค์ ที่ให้ความเอาใจใส่ช่วยเหลือ และคอยให้คำปรึกษาแนะนำเป็นอย่างดีมาโดยตลอด รวมทั้งให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบเพื่อชี้แนะแนวทางการแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณ ดร.พรรณรัตน์ วรรณสวัสดิ์กุล เดมิช ผู้ชี้แนะแนวทางในการทำวิทยานิพน์ฉบับนี้

ขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) โดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณาให้ทุนการศึกษา และเงินทุน สนับสนุนในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

และขอขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกทุกคนในครอบครัว ที่กรุณาให้การอบรม สั่งสอน และให้การสนับสนุนผู้วิจัยในด้านการเรียนโดยตลอด ด้วยความเอาใจใส่ ความรัก และความปรารถนาดีทำให้ผู้วิจัยได้รับกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์นี้ให้ประสบความสำเร็จลุล่วงด้วยดี

มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์
ผู้วิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

6106139 : มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์

ชื่อวิทยานิพนธ์ : การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

หลักสูตร : ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.ดารุณี เสริฐผล

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสาร และ 2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องสมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดำเนินเป็นวงจรต่อเนื่องกัน 4 วงจรปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เรื่องสมบัติของสารจำนวน 4 แผน แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ อนุทิน สะท้อนคิดของผู้เรียน และแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสารที่มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบ t (t-test)

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอยู่ในระดับพอใช้ (13.02 คะแนน จาก 48 คะแนน) ภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ทั้ง 4 แผนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 59.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป จัดอยู่ในระดับดี (28.36 คะแนน จาก 48 คะแนน) โดยมีคะแนนเฉลี่ยของแต่ละองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ข้อกล่าวอ้าง 14.28 คะแนน, หลักฐาน 8.98 คะแนน และการให้เหตุผล 5.10 คะแนน 2) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

(วิทยานิพนธ์มีจำนวนทั้งสิ้น 173 หน้า)

คำสำคัญ: คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

ลายมือชื่อนักศึกษา ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

6106139 : Mingmook Suttikittipong

Thesis Title : The Development of Grade 10 Students' Scientific Explanation Ability in Properties of Matter Using Inquiry-Based Learning

Program : Master of Arts in Teaching Science

Thesis Advisor : Darunee Sertphon, Ph.D.

Abstract

The purposes of this study were to 1) study students' scientific explanation ability in a science lesson on properties of matter and 2) to compare their scientific explanation ability before and after treated with inquiry-based learning (5E). The research methodology was action research which proceeded continue in 4 cycles. The samples consisted of 50 grade 10 students during the second semester of the academic year 2019. The research instruments included 4 inquiry-based learning (5E) lesson plans on properties of matter, a learning activity log, and a students' reflection form and a scientific explanation ability test on properties of matter with a reliability of 0.80. The data were analyzed by using mean, standard deviation, and t-test.

The result revealed that the pretest mean score of the scientific explanation ability was medium (13.02 out of 48). After learning through 4 lesson plans, the posttest mean score increased to 59.08 % higher than the criteria score of 50 percent and was classified as a good level (28.36 out of 48). The mean scores of claim making, evidence identifying, and reasoning were 14.28, 8.98, and 5.10, respectively. The posttest mean score of scientific explanation ability was higher than pretest mean score with a significance level of .05.

(Total 173 pages)

Keywords: Scientific Explanation, Inquiry-Based Learning (5E)

Student's Signature …..... Thesis Advisor's Signature .....

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		**ก**
บทคัดย่อภาษาไทย		**ข**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**ค**
สารบัญ		**ง**
สารบัญตาราง		**ช**
สารบัญรูป		**ฌ**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย	4
	1.3 คำถามการวิจัย	5
	1.4 สมมติฐานการวิจัย	5
	1.5 ขอบเขตการศึกษา	5
	1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย	6
	1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
	1.8 นิยามศัพท์	7
บทที่ 2	**ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**9**
	2.1 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ	10
	2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ	13
	2.3 การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	25
	2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	34
บทที่ 3	**ระเบียบวิธีการวิจัย**	**42**
	3.1 สำรวจบริบทและสภาพทั่วไปของโรงเรียน	42
	3.2 รูปแบบการวิจัย	43

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
	3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	47
	3.4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	47
	3.5 วิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล	51
	3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	51
	3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ	54
บทที่ 4	**ผลการวิจัย**	**55**
	4.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	55
	4.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)	93
บทที่ 5	**สรุปผลและข้อเสนอแนะ**	**101**
	5.1 สรุปผลการวิจัย	101
	5.2 อภิปรายผลการวิจัย	101
	5.3 ข้อเสนอแนะ	104
บรรณานุกรม		**106**
ภาคผนวก		**111**
ภาคผนวก ก	รายนามผู้เชี่ยวชาญ	112
ภาคผนวก ข	ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	117
ภาคผนวก ค	ผลการหาคุณภาพเครื่องมือ	153
ภาคผนวก ง	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน	156
ภาคผนวก จ	ตัวอย่างผลงานนักเรียนและภาพกิจกรรม	163

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญ (ต่อ)

		หน้า
ภาคผนวก ฉ	การรับรองจริยธรรมการวิจัยในคนแบบยกเว้นการรับรอง	169
ประวัติผู้วิจัย		**173**

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป	32
3.1	แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติของสารและจำนวนคาบต่อแผนการจัดการเรียนรู้	48
4.1	ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E)	57
4.2	สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ และแนวทางการแก้ไข	63
4.3	ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E)	66
4.4	สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block และแนวทางการแก้ไข	72
4.5	ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E)	75
4.6	สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block และแนวทางการแก้ไข	79
4.7	ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E)	82

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
4.8	สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block และแนวทางการแก้ไข	87
4.9	ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t ของคะแนนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน (n=50)	94
4.10	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน กับเกณฑ์ที่ร้อยละ 50 (24 คะแนนจาก 48 คะแนน)	94
4.11	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนลำดับที่ 28 ของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ	96
4.12	จำนวนนักเรียนจำแนกตามเกณฑ์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน (n=50)	97
4.13	ค่าเฉลี่ยและคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	98

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	กรอบแนวคิดวิจัย	6
2.1	วิธีการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการที่มีลักษณะเป็นวงจรซ้ำของ Kemmis & McTaggart	12
4.1	ค่าเฉลี่ยคะแนนแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนเต็ม 48 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน	95
4.2	คะแนนพัฒนาการของนักเรียนเป็นรายบุคคล	99

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการมีบทบาท มีส่วนร่วมในการสร้างสังคมวิทยาศาสตร์ ทั้งในชีวิตจริง ในบริบทสังคม และบริบทของโลกโดยรวม ด้วยการสร้างความสนใจในวิทยาศาสตร์ การสนับสนุนและส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) และมีเป้าหมายเพื่อการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ของพลเมือง (นันทวัน นันทวนิช, 2557, น. 40) ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) บริบทของวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ และ 4) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการเตรียมเยาวชนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ด้วยการพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้เกิดการแสวงหาความรู้ของผู้เรียนอย่างเสมอภาค สามารถดำเนินชีวิตและมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมของสังคมวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีคุณภาพชีวิตที่ดีเท่าทันต่อความก้าวหน้าของโลกจึงมีความสำคัญ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น จะเกิดขึ้นได้เมื่อใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับปรัชญาวิทยาศาสตร์ที่ว่า “วิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของการแสวงหาความรู้” การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงควรเน้นกระบวนการเป็นหัวใจสำคัญ และส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้มีบทบาทโดยตรง (Active Role) ในกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ลงมือสำรวจตรวจสอบ ค้นคว้า ทดลอง เก็บข้อมูล หาหลักฐานหรือประจักษ์พยาน เพื่อตีความ แปลความ จนนำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปเป็นความรู้ แนวคิด หรือหลักการตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้ทั้งความรู้วิทยาศาสตร์ และทักษะในกระบวนการได้มาซึ่งความรู้ รวมทั้งได้พัฒนาสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555, น. 5) การเรียนวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่แค่การท่องจำความรู้เท่านั้น แต่ต้องทำความเข้าใจในองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี และสามารถสะท้อนความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์โดยผ่านการอภิปราย การโต้แย้งด้วยเหตุผล การสร้างคำอธิบาย หรือการทำกิจกรรมที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น สรุปประเด็นในการหาคำตอบที่ถูกต้องของปัญหา

วิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์กายภาพแขนงหนึ่งที่ศึกษาและอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของสสาร การเปลี่ยนแปลงของสสาร สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของธาตุ ซึ่งมีทักษะพื้นฐานสามประการที่สำคัญ คือ 1) การสังเกตและการวัดในระดับที่สามารถมองเห็นได้ 2) การใช้สัญลักษณ์ทางเคมีและสมการแสดงความสัมพันธ์ในเชิงคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมาย และ 3) การทำนายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับอะตอมโมเลกุลในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ดังนั้นการเรียนวิชาเคมีจึงมีเป้าหมายในการเรียนรู้และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสสารต่างๆรอบตัว เพื่อนำมาใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติหรือปรากฏการณ์ที่พบได้ในชีวิตประจำวัน (Gabel, 1999 อ้างถึงใน ณัฐพล สีจาด, 2558, น. 2)

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบที่สำคัญคือ ข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) (McNeil & Krajcik, 2008) ซึ่งสอดคล้องกับสมรรถนะและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่สังคมต้องการ สะท้อนถึงความรอบรู้ทางวิทยาศาสตร์และเป็นทักษะสำคัญสำหรับการเรียนรู้ในวิชาเคมี (สันติชัย อนุวรชัย, 2553, น. 2-3) มีพฤติกรรมบงชี้ที่สำคัญคือ การประยุกต์ความรู้เพื่อตีความ แปลความ และมีใช้การบรรยายหรือใช้คำอธิบายที่เหมาะสมในสถานการณ์ที่กำหนดให้อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ รวมถึงการประเมินความน่าเชื่อถือขององค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนจะมีโอกาสในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ผ่านกิจกรรมการสืบเสาะ เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการส่งเสริมทักษะกระบวนการและเสริมสร้างเจตคติดีต่อทางวิทยาศาสตร์ (OECD, 2012 อ้างถึงใน กฤตกร สภาสันติกุล, 2558, น.2)

จากการศึกษาผลการประเมินคุณภาพนักเรียนในระดับนานาชาติ โครงการ PISA (Program for International Student Assessment) ซึ่งเป็นการประเมินนักเรียนที่มีอายุ 15 ปีผู้จบการศึกษาภาคบังคับจัดโดยองค์กรความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (OECD) ประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ จากสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Competencies) ที่สำคัญ 3 สมรรถนะ ได้แก่ การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identifying Scientific Issue) การอธิบายปรากฏการณ์ในเชิงวิทยาศาสตร์ (Explain Phenomena Scientifically) และการใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์ (Using Scientific Evidence) ซึ่งนักเรียนจำเป็นต้องเขียนอธิบาย และแสดงเหตุผลโดยใช้หลักฐานสนับสนุนได้ พบว่านักเรียนไทยประสบปัญหาในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนไทยส่วนมากคิดเป็น 46.7% มีผลการประเมินไม่ถึงระดับ 2 (ช่วงคะแนนตั้งแต่ 410 ขึ้นไป แต่ต่ำกว่า 484 คะแนน) ซึ่งตามเกณฑ์ของ PISA จัดว่าเป็น “ระดับพื้นฐานต่ำสุด” ที่นักเรียนที่จบ

การศึกษาขั้นพื้นฐานควรจะมีสมรรถนะถึงระดับนี้ โดยความสามารถทางวิทยาศาสตร์ที่ระดับ 2 นั้น ประเมินได้ว่า นักเรียนสามารถดึงเอาความรู้ด้านเนื้อหาจากชีวิตประจำวันและความรู้ด้านกระบวนการพื้นฐานมาใช้เพื่อบอกถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตีความข้อมูล และตั้งปัญหาของเรื่องเพื่อออกแบบการทดลองอย่างง่ายได้ นักเรียนสามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปเพื่อบอกข้อสรุปจากข้อมูลชุดที่ไม่ซับซ้อน และสามารถสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนมีความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิธีหาความรู้ เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย:การพัฒนาและภาวะถดถอยของ สุนีย์ คล้ายนิล (2555) จากการประเมินการใช้หลักสูตรของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การทดสอบความรู้และทักษะของนักเรียนเป็นตัวชี้วัด ร่วมกับการใช้แบบสอบถามสำหรับนักเรียนและครูผู้สอน ที่รายงานว่าผลการประเมินที่ต้องการคำตอบที่ใช้ความคิด ให้คำอธิบาย แสดงความเป็นเหตุเป็นผล ของนักเรียนไทยมีคะแนนต่ำมาก เนื่องจากการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ใช้การบรรยายแทนการทำการทดลองเพิ่มขึ้น ทั้งยังลดกิจกรรมภาคปฏิบัติการ ทำให้การเรียนรู้โดยเน้นกระบวนการและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ถูกละทิ้งไปเรื่อยๆ

ด้วยปัญหาดังกล่าว การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงควรเสริมสร้างและพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้พื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญไปใช้ในการแก้ปัญหา และใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ในธรรมชาติที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันได้ ผลการวิจัยโดย OECD เสนอว่าการยกระดับทักษะและเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์นั้นขึ้นอยู่กับการจัดการเรียนรู้ และกลยุทธ์วิธีสอนของครู เช่น การอธิบายที่กระจ่างชัด การแนะความคิดให้ผู้เรียน การสะท้อนความคิดว่าวิทยาศาสตร์สามารถประยุกต์ไปสู่อะไรได้บ้าง ตลอดจนออกแบบการสอนที่เหมาะกับผู้เรียนหรือชั้นเรียน (OECD, 2016) การจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนมีโอกาสในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการที่เสริมเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียนและได้ทำกิจกรรมพัฒนาความรู้ ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติ นำมาสู่การสร้างข้อสรุปจากหลักฐานซึ่งการสืบเสาะนั้นมีหลากหลายรูปแบบ แต่ผู้วิจัยเลือกรูปแบบการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ซึ่งมีลำดับขั้นในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน(Evaluation) โดยผู้เรียนจะมีโอกาสในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ต่างๆ เรียนรู้การใช้เหตุผลที่เหมาะสมในการอธิบายโดยผู้เรียนเป็นผู้สืบค้นข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อยืนยัน

คำตอบด้วยตนเอง เป็นรูปแบบการสอนที่ได้รับนิยม (ทัศตริน วรรณเกตุศิริ, 2561, น.12) และโรงเรียนที่ผู้วิจัยทำการเก็บข้อมูลเป็นโรงเรียนที่อยู่ในกลุ่มโรงเรียนเน้นวิทยาศาสตร์ซึ่งจัดตั้งขึ้นเพื่อกระจายโอกาสสำหรับนักเรียนผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เป็นฐานในการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม จึงมีการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะความรู้ ความสามารถของนักเรียนด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังนั้นการใช้รูปแบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) และพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นสิ่งสำคัญ ในการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีพื้นฐานหลักการปฏิบัติของสังคมวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิด และคุณลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุทธิชาติ เปรมกมล (2560) ที่ศึกษาผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยการสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมากและสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และจากงานวิจัยของกรกนก เลิศเดชาภัทร (2561) ที่ศึกษาผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามรถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดโดยมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอยู่ในระดับดีมาก มีองค์ประกอบการให้เหตุผลอยู่ในระดับดี และมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จึงเป็นที่มาของงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

1.2.2 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องสมบัติของสาร โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

1.3 คำถามการวิจัย

1.3.1 ภายหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับใด

1.3.2 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) แตกต่างกันหรือไม่

1.4 สมมติฐานการวิจัย

1.4.1 นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี

1.4.2 นักเรียนที่เรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.5 ขอบเขตการศึกษา

1.5.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 ห้อง จำนวนนักเรียนทั้งหมดรวม 146 คน ที่เรียนวิชาเคมี ว30221 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์แห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 จังหวัดปทุมธานี

1.5.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง จำนวนนักเรียน 50 คน ที่เรียนวิชาเคมี ว30221 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์แห่งหนึ่งสังกัดสำนักงาน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 จังหวัดปทุมธานี ซึ่งเป็นห้องที่ผู้วิจัยรับผิดชอบสอน โดยใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

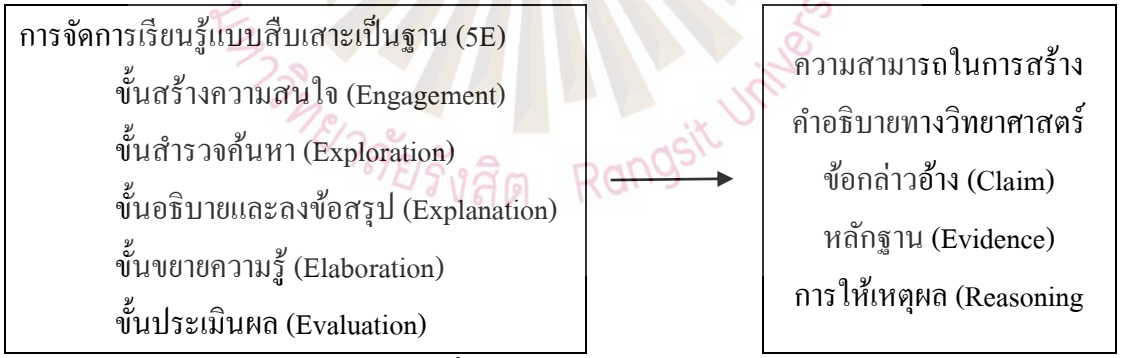
1.5.3 เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย

เนื้อหาวิชาที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาหลักสูตรสถานศึกษา อ้างอิงตามหลักสูตรสถานศึกษา รายวิชา ว30221 สมบัติของสาร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปี 4-6 สาระที่ 1 เคมีอินทรีย์พื้นฐาน

1.5.4 ระยะเวลาในการทำวิจัย

เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2562 ถึงเดือน เมษายน พ.ศ. 2563 โดยเก็บข้อมูลวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ตั้งแต่วันที่ 4 พฤศจิกายน ถึง 13 ธันวาคม 2562 ระยะเวลาในการเก็บข้อมูล 5 สัปดาห์ จำนวน 14 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

1.6 กรอบแนวคิดการวิจัย



รูปที่ 1.1 กรอบแนวคิดวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวิทยาศาสตร์แห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 จังหวัดปทุมธานีได้รับการส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสาร

1.7.2 ผู้สอนได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้ และแนวทางการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพ

1.8 นิยามศัพท์

ความสามารถในการให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการอธิบายโดยให้เหตุผลแสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน ด้วยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์หรือสถานการณ์ที่ศึกษาซึ่งมีการให้คะแนนจำแนกระดับคำตอบในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังต่อไปนี้ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน 3) การให้เหตุผล โดยมีคะแนนตั้งแต่ 0-2 คะแนน ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2008) เรื่องสมบัติของสารเป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 8 ข้อ มีคะแนนเต็มแต่ละข้อ 6 คะแนน และมีคะแนนรวมทั้งชุดแบบวัด 48 คะแนน ซึ่งผู้วิจัยแบ่งเกณฑ์เพื่อแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 4 ระดับ คือ ระดับควรปรับปรุง (0-12 คะแนน) ระดับพอใช้ (13-24 คะแนน) ระดับดี (25-36 คะแนน) และระดับดีมาก (37-48 คะแนน)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) หมายถึง รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีขั้นตอนของกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งปรับมาจาก Trowbridge and Bybee (2006 อ้างถึงใน ทัศตริน วรรณเกตุศิริ, 2561, น.12-15) สรุปได้ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียน แนะนำบทเรียนโดยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงสิ่งที่กำลังจะเรียน ผู้เรียนเกิดความสนใจเกี่ยวกับเนื้อหา รวมถึงระบุความรู้พื้นฐาน ความรู้เดิม และแนวคิดคลาดเคลื่อน ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นการให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลและประจักษ์พยาน เพื่อหาคำตอบของคำถามหรืออธิบายคำถามที่ตั้งไว้ หรือ บันทึกข้อมูลด้วยตนเอง ตามกำหนดเวลาที่เหมาะสม ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการให้ผู้เรียนนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ สรุป หรือนำเสนอผลที่ได้จากการศึกษาในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันด้วยรูปแบบต่างๆ เพื่ออธิบายแนวคิดทฤษฎีที่นำมาซึ่งข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการให้ผู้เรียนประยุกต์ความรู้จากการเรียนกับสถานการณ์ใหม่ เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและคลอบคลุมมากขึ้น โดยให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่ผู้สอนได้ทำการตรวจสอบผู้เรียนและผู้เรียนได้ประเมินตนเอง

เกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจด้วยการเขียน K (นักเรียนรู้อะไรบ้าง) W (สิ่งที่นักเรียนต้องการรู้) L (สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้) จากอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน และผู้สอนใช้การสังเกตการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากใบกิจกรรม และรายงานผลการการทดลอง โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและทำกิจกรรมที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในคาบเรียนปกติให้สอดคล้องเหมาะสมตามบริบทของโรงเรียนและเนื้อหาเรื่องสมบัติของสารซึ่งอ้างอิงตามหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียน

การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน หมายถึง การวิจัยที่มีกระบวนการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนล่วงหน้า ซึ่งครูเป็นผู้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาการจัดการเรียนรู้ให้มีคุณภาพด้วยแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง และผ่านการสะท้อนผลการปฏิบัติของตนเอง จากการใช้ขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ (Act) ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflection) ซึ่งมีลักษณะเป็นวงจรซ้ำ โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เรื่องสมบัติของสาร จำนวน 4 แผน 14 คาบเรียน เป็นเครื่องมือในการทดลองปฏิบัติ ใช้แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของผู้เรียน เป็นเครื่องมือสะท้อนผลการปฏิบัติ และปรับปรุงแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart (1988 อ้างถึงใน จีระวรรณ เกษสิงห์, 2562, น.23-24)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าแนวคิดทฤษฎีจากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

2.1.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

2.1.2 รูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.2.2 ความเป็นมาและความสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.2.3 ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.2.4 ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.2.5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

2.2.6 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.2.7 ประเภทของการประเมินการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.3 การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.3.1 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.3.2 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.3.3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.3.4 พฤติกรรมบ่งชี้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.3.5 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.1 การวิจัยเชิงปฏิบัติการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการสืบเสาะหาความรู้รูปแบบหนึ่งที่ให้ความสำคัญกับการพัฒนางานของนักวิจัย และช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานในทุกสาขาอาชีพทำการศึกษาและประเมินการปฏิบัติงานของตนเอง (McNiff & Whitehead, 2011 อ้างถึงใน จีระวรรณ เกษสิงห์, 2562, น.11) มีประเด็นที่นำเสนอ 2 ประเด็นได้แก่ 1) ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน และ 2) รูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

2.1.1 ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

Zuber-Skerritt (1991 อ้างถึงใน จีระวรรณ เกษสิงห์, 2562, น.11) ได้อธิบายว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้จากการมีส่วนร่วมสะท้อนคิด และประเมินการปฏิบัติงานของตนเองร่วมกันในกลุ่มครูที่ปฏิบัติงานในโรงเรียน โดยมีการแก้ไขปัญหาเพื่อพัฒนาวิชาชีพ และมีการเผยแพร่ผลงานวิจัยของตนเองไปสู่สาธารณะ

สุวิมล ว่องวาณิช (2552, น.4) ได้อธิบายว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการของครูที่ทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการปฏิบัติงานในหน่วยงาน และมุ่งนำผลไปใช้พัฒนาหรือแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในการปฏิบัติงานครูที่เกี่ยวข้องกับชั้นเรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2559, น.96-97) ได้อธิบายว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการวิจัยประเภทปฏิบัติการ (Action Research) คือการวิจัยที่พัฒนาการจัดการเรียนรู้ที่มีเป้าหมายเพื่อนำผลไปใช้พัฒนาการปฏิบัติงานจริง และถ้าพบข้อบกพร่องจะมีการทำการวิจัยและนำผลไปพัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นคว้าเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางการศึกษา และการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจะมีประสิทธิภาพได้นั้นต้องเป็นการทำงานแบบร่วมมือ ซึ่งเกิดจากแนวคิดพื้นฐานคือ แนวคิดการบรูณาการวิธีการปฏิบัติงานกับการพัฒนาองค์ความรู้ที่เกิดจากการปฏิบัติ โดยมีความสำคัญ ดังนี้ 1) เป็นการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานเพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ด้วยการวิจัย 2) เป็นการพัฒนาวิชาชีพครู 3) เป็นการแสดงความก้าวหน้าทางวิชาชีพครู ด้านการเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติ และ 4) เป็นการส่งเสริมสนับสนุนความก้าวหน้าของการวิจัยทางการศึกษา

จีระวรรณ เกษสิงห์ (2562, น.11-12) ได้อธิบายว่า การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน คือ วิธีการหนึ่งในการสืบเสาะหาความรู้ที่ดำเนินการโดยครูที่มีความต้องการเปลี่ยนแปลงการปฏิบัติงานและมีความเข้าใจในงานที่ตนเองทำมากขึ้น โดยพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของตนเองให้ดีขึ้นผ่านการลงมือปฏิบัติจริง และการสะท้อนคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่ม

จากการวิเคราะห์ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจากนักวิชาการแต่ละท่าน สรุปได้ว่าการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นกระบวนการสืบเสาะค้นคว้าหาความรู้อย่างเป็นระบบ มีการวางแผนล่วงหน้า โดยครูเป็นผู้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาการจัดการเรียนรู้และแนวทางในการแก้ปัญหาการจัดการเรียนรู้ของตนเองผ่านการปฏิบัติจริง และผ่านการสะท้อนคิดและทำงานร่วมกันของกลุ่มครู เพื่อสร้างความรู้ใหม่ทางการศึกษา เช่น วิธีการสอน เทคนิคการสอน รูปแบบการสอนใหม่ และการสอนใหม่ทางการศึกษา เป็นต้น ซึ่งองค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัยนั้นจะต้องผ่านการตรวจสอบอย่างเป็นระบบ และเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติสู่สาธารณะ ดังนั้นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนจึงควรทำควบคู่ไปกับกิจกรรมการจัดการเรียนรู้เพื่อปรับปรุงและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนรู้ให้เกิดผลดีที่สุดด้วยตัวครูเอง อันนำไปสู่การพัฒนาผู้เรียนให้บรรลุผลการเรียนรู้ (Learning Outcome Collaboration)

2.1.2 รูปแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนมีหลายรูปแบบ ขึ้นกับนักวิชาการแต่ละกลุ่ม โดยรูปแบบที่มีอิทธิพลในวงการศึกษา คือ รูปแบบการวิจัยปฏิบัติการของ Kemmis and McTaggart (1988 อ้างถึงใน จีระวรรณ เกษสิงห์, 2562, น.23-24) ซึ่งเสนอวิธีการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการที่มีลักษณะเป็นวงจรซ้ำ โดยแต่ละวงจรประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Act) การสังเกต (Observe) และการสะท้อนคิด (Reflection) ซึ่งการวิจัยจะดำเนินต่อเนื่องเป็นวงจรเรื่อยไป เรียกว่า “เกลียวการปฏิบัติงานและสะท้อนความคิด” ซึ่งมีรายละเอียดการดำเนินงานแต่ละขั้นของการวิจัยปฏิบัติการ มีดังนี้

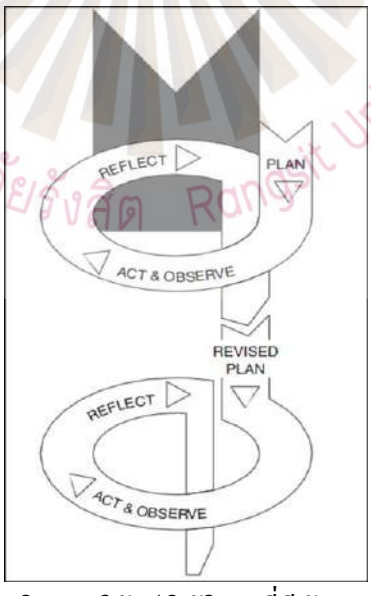
ขั้นที่ 1 การวางแผน (Plan) ในขั้นนี้นักวิจัยจะวางแนวทางการปฏิบัติงานโดยการมองไปในอนาคตข้างหน้าแผนการปฏิบัติงานที่วางไว้ต้องมีความยืดหยุ่นพอสมควร เพราะเหตุการณ์ทางสังคมไม่สามารถทำนายหรือควบคุมได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่นักวิจัยจะต้องพิจารณาใน 2 ประเด็นคือ 1) ความเสี่ยงอันเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงทางสังคมและ

สถานการณ์ที่ผู้วิจัยไม่อาจควบคุมได้ และ 2) แผนที่เลือกนำมาปฏิบัติต้องเป็นแผนที่ดีกว่าตัวเลือกอื่นทั้งหมด

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติ (Act) ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะดำเนินการตามแผนที่วางไว้อย่างรอบคอบ มีเหตุผลหรือข้อมูลจากกิจกรรมก่อนหน้าซึ่งส่งผลต่อการปฏิบัติในกิจกรรมถัดไป โดยแผนที่วางไว้จะต้องมีความยืดหยุ่นแก้ไขได้ และพร้อมที่จะเปลี่ยนแปลงให้เหมาะสมกับบริบททางสังคมที่เปลี่ยนแปลงไประหว่างการปฏิบัติงาน

ขั้นที่ 3 การสังเกต (Observe) ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสังเกตการปฏิบัติงานของตนเอง ผู้วิจัยต้องมีความไวในการสังเกตเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดว่าจะเกิดขึ้น ซึ่งนอกจากจะสังเกตเพื่อเก็บข้อมูลตามแผนที่วางไว้แล้วยังต้องมีความยืดหยุ่นที่จะเก็บข้อมูลที่ไม่ได้คาดคิดมาก่อนด้วย การสังเกตจะต้องกระทำอย่างรอบคอบระมัดระวังเพื่อให้ข้อมูลต่อเนื่อง โดยเนื้อหาสาระของการสังเกตจะประกอบด้วยการปฏิบัติงาน ผลการปฏิบัติงาน และสถานการณ์แวดล้อมที่การปฏิบัติงานนั้นดำเนินอยู่

ขั้นที่ 4 การสะท้อนความคิด (Reflection) ในขั้นนี้ผู้วิจัยจะทำการสะท้อนความคิดเกี่ยวกับผลที่ได้จากการปฏิบัติงาน การสะท้อนความคิด คือการประเมินอย่างหนึ่งซึ่งผู้วิจัยต้องตัดสินใจว่าผลการปฏิบัตินั้นจะบรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ และให้ข้อเสนอแนะในการวางแผนพัฒนาในวงจรต่อไป นอกจากนี้การสะท้อนความคิดยังหมายรวมถึงการเก็บข้อมูลเบื้องต้นของสิ่งที่เป็นอยู่ในปัจจุบันก่อนที่จะดำเนินการวิจัยในขั้นต่อไป



รูปที่ 2.1 วิธีการดำเนินการวิจัยปฏิบัติการที่มีลักษณะเป็นวงจรซ้ำของ

Kemmis & McTaggart

ที่มา: Kemmis & McTaggart, 2000 อ้างถึงใน รัตน์จาณี อรัญเพิ่ม, 2561, น.139

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งซึ่งเน้นการแสวงหาความรู้โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เช่นเดียวกับกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐานถูกนำมาปรับใช้ในห้องเรียนเพื่อให้ผู้เรียนเรียนรู้เยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ โดยผู้เรียนเป็นผู้ค้นคว้าความรู้เพื่อใช้ในการหาคำตอบของปัญหา หรือเพื่อให้ผู้เรียนมีการสร้างความรู้ สรุปผล และสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นได้ มีประเด็นที่นำเสนอ 7 ประเด็น เพื่อขยายความ ได้แก่ 1)แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 2) ความเป็นมาและความสำคัญในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 3) ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 4) ขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5) คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ 6) บทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ และ 7) ประเภทของการประเมินการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

แนวคิดพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นวิธีการสอนที่เน้นให้นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองจากพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน อันทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและสามารถประยุกต์ความรู้ได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2561, น. 82) ซึ่งมีรากฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism)

Piaget (1972 อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2561, น.90-91) ได้อธิบายไว้ว่าทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) เป็นทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ด้วยพัฒนาการทางเชาวน์ปัญญาของบุคคลจะมีการปรับตัวผ่านทางกระบวนการซึมซาบ หรือดูดซึม และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญาพัฒนาการเกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับ และซึมทราบข้อมูล หรือประสบการณ์ใหม่เข้าไปสัมพันธ์กับความรู้ หรือโครงสร้างทางปัญญาที่มีอยู่เดิม หากไม่สามารถสัมพันธ์กันได้จะเกิดความไม่สมดุลขึ้น ซึ่งบุคคลจะพยายามปรับสภาวะให้สมดุล โดยใช้กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา ซึ่งคนทุกคนจะมีการพัฒนาเชาวน์ปัญญาให้เป็นไปตามลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์ และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะ และคณิตศาสตร์ รวมถึงการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะ และกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคลนั้น

Tobin, Tippins, and Gallard (1996 อ้างถึงใน ณราภรณ์ บุญกิจ, 2553, น.1213) ได้อธิบายว่า ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) มีแนวคิดว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ของตนเอง โดยการสร้างความรู้นี้อาจได้รับอิทธิพลจากสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้ว หรือมีอยู่แล้ว นั่นคือมีความหมายว่าผู้เรียนจะสามารถสร้างองค์ความรู้ของตนเองเป็นเอกบุคคล ตามพื้นฐานประสบการณ์ของตนเองซึ่งไม่เหมือนกับบุคคลอื่น

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2559, น.4) ได้อธิบายว่า ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ในกลุ่มปัญญานิยม (Cognitivism) ซึ่งที่นักจิตวิทยาสองท่านที่เป็นรากฐานสำคัญของทฤษฎีนี้คือ Piaget and Vygotsky ผู้มีมุมมองเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียนว่าเป็นกระบวนการทางความคิด หรือกระบวนการทางสมอง ซึ่งเกิดขึ้นภายในตัวของบุคคลในช่วงของการเรียนรู้ โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองอย่างกระตือรือร้นจากประสบการณ์ส่วนบุคคลที่ได้ปฏิสัมพันธ์กับบุคคล และสิ่งแวดล้อมรอบตัวมากกว่าการเป็นผู้รับความรู้

จากการวิเคราะห์ทฤษฎีและแนวคิดพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะจากนักวิชาการแต่ละท่าน สรุปได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามแนว Constructivism วิธีการหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นและอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง คือวิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะ เนื่องจากเป็นวิธีการที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ตัดสินใจเกี่ยวกับความเข้าใจที่มีอยู่และอยู่บนพื้นฐานของความเชื่อเดิม ทั้งยังเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพเพราะมีการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น และอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นขั้นตอน สอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้ภายใต้ทฤษฎีสรรคนิยมที่จะต้องคำนึงถึงความรู้ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียนทำได้โดยการตรวจสอบ หรือประเมินความรู้เดิมของผู้เรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ และมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีปฏิสัมพันธ์มากขึ้น

2.2.2 ความสำคัญและความเป็นมาของรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ดึงเอาความรู้เดิมของผู้เรียนออกมาและใช้การอภิปรายร่วมกันเพื่อปรับแก้ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน เป็นกระบวนการที่อยู่บนมีรากฐานทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ความสำคัญของการสืบสอบปรากฏให้เห็นได้จากมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ระดับชาติของประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งระบุว่าการสืบเสาะมี

ความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียน การศึกษาเริ่มต้นจากการตั้งคำถาม สำรวจ ตรวจสอบ สร้างคำอธิบาย และสื่อความหมายข้อมูล ซึ่งนักเรียนได้รับการพัฒนากระบวนการต่างๆ จากการเรียนรู้แบบสืบเสาะเช่น การสังเกต ลงความเห็นจากข้อมูล และการทดลอง เป็นต้น (National Science Education Standards, 1996 อ้างถึงใน จิระพา สุโขวัฒนกิจ, 2556, น.4) สภาวิจัยของประเทศสหรัฐอเมริกา (National Research Council: NRC) ได้มีการเผยแพร่งานวิจัยที่พบว่า ในห้องเรียนที่ผู้เรียนใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนรู้ ผู้เรียนจะมีประสิทธิภาพและเข้าใจกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะถูกพัฒนาขึ้นครั้งแรกในปี 1962 โดย Atkin and Karplus โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ (Learning Cycle) ในการศึกษาและปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study) ซึ่งวงจรการเรียนรู้มี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นแนะนำมโนทัศน์ (Concept Introduction) และขั้นประยุกต์มโนทัศน์ (Concept Application) และต่อมานักการศึกษาได้มีการปรับเปลี่ยนรูปแบบวงจรการเรียนรู้เรื่อยมาทำให้มีรูปแบบวงจรการเรียนรู้ที่หลากหลาย Bybee และคณะได้พัฒนาวงจรการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่เรียกว่า วงจรการเรียนรู้แบบ 5 ขั้นตอน (5E Learning Cycle) หรือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E (5E Inquiry Based Science)

สำหรับประเทศไทยในยุคการศึกษา 4.0 ได้มีการส่งเสริมให้ใช้การจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้เกิดการเรียนรู้เชิงรุกในชั้นเรียนซึ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้นในการเรียน โดยมีเป้าหมายการพัฒนาเยาวชนไทยข้อหนึ่งที่ระบุถึงการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะมุ่งหวังให้เยาวชนไทยมีความรู้แม่นยำและลึกซึ้งด้วยการจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการ ทำให้ผู้เรียนมีทักษะในการค้นคว้า การสร้างองค์ความรู้ มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติ มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นต่อคำถามหรือสถานการณ์ และมีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน

ดังนั้น ในห้องเรียนผู้สอนจึงควรจัดการเรียนรู้ที่เน้นการสืบเสาะหาความรู้ โดยอาจใช้รูปแบบที่แตกต่างกันไปตามบริบทของห้องเรียน นักเรียน หรือสถานศึกษา ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต้องมีการจัดการให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์ร่วม เพื่อให้ผู้เรียนรู้และเข้าใจประเด็นที่นำมาอภิปรายเพื่อลงข้อสรุปร่วมกัน ผู้สอนจะสำรวจความเข้าใจที่มีอยู่เดิมของผู้เรียนก่อนที่จะสอนแล้วจึงใช้ข้อมูลที่ได้เหล่านั้นมาเป็นเครื่องมือในการสร้างกระบวนการการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียนที่เน้นการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียน เพื่อนร่วมชั้นเรียน และผู้สอน (Lalley & Miller, 2007, pp. 64-79)

2.2.3 ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558, น.4-5) ได้อธิบายว่า การจัดประเภทของการสืบเสาะหาความรู้จะพิจารณาได้จาก ระดับของบทบาทและการมีส่วนร่วมของผู้สอน และระดับของบทบาทและความท้าทายของกิจกรรมที่จัดให้แก่ผู้เรียนสามารถแบ่งออกได้ 4 ประเภทดังนี้

1) Structure Inquiry เป็นประเภทของการสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้สอนมีบทบาทในระดับสูง กล่าวคือผู้สอนแนะนำผู้เรียนในตลอดขั้นตอนการสำรวจ ตรวจสอบ หรือทดลอง มีการให้ปัญหา หรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้แนวคิดและขั้นตอน ในการสำรวจ ตรวจสอบหรือทดลอง โดยผู้เรียนจะมีบทบาทในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นการสืบเสาะประเภท Structure inquiry นี้เหมาะสมกับห้องเรียนขนาดใหญ่ หรือผู้เรียนที่ยังมีประสบการณ์ในการสืบเสาะหาความรู้ในระดับเริ่มต้น

2) Guided Inquiry เป็นประเภทของการสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้สอนลดระดับบทบาทของการมีส่วนร่วมลง และผู้เรียนมีบทบาทในการเรียนเพิ่มขึ้น กล่าวคือผู้สอนมีการกำหนดปัญหา หรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้ แต่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการและดำเนินการสำรวจ ตรวจสอบ หรือทดลองด้วยตนเอง

3) Collaborative Inquiry เป็นประเภทของการสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้สอนและผู้เรียนมีบทบาทร่วมกัน ในการสืบเสาะหาความรู้ใหม่ ในทุกขั้นตอน การสืบเสาะประเภทนี้เหมาะสำหรับกลุ่มผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการสืบเสาะมากขึ้น

4) Open Inquiry เป็นประเภทของการสืบเสาะหาความรู้ที่ผู้เรียนสร้างคำถามด้วยตนเอง ออกแบบวิธีการ และนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบหรือทดลองด้วยตนเอง โดยผู้สอนมีบทบาทในด้านการให้คำปรึกษา และจัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์เท่านั้น ซึ่งประเภทการสืบเสาะรูปแบบนี้เหมาะสำหรับผู้เรียนในระดับสูง คือนักศึกษาตั้งแต่ระดับปริญญาโทขึ้นไป

จะเห็นได้ว่าการสืบเสาะทั้ง 4 ประเภทนี้มีแตกต่างกันเนื่องจากการสืบเสาะแต่ละประเภทมีความแตกต่างของผู้เรียน และระดับของบทบาทของผู้สอนต่างระดับกัน ทำให้มีข้อดีข้อเสียต่างกันออกไป สิ่งสำคัญที่ช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยการทำงานอย่างนักวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความรู้ ทักษะ และเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์นั้น ผู้สอนจะต้องพิจารณาความพร้อม และความสามารถของผู้เรียนให้เหมาะสม พิจารณาถึงวัสดุอุปกรณ์ และทรัพยากร รวมถึงบริบทที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละกลุ่มผู้เรียน ห้องเรียน และสถาบันการศึกษา

2.2.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะมีหลากหลายรูปแบบ แต่ละแบบมีความคล้ายคลึงกันกล่าวคือมีการส่งเสริมให้นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีรายละเอียดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะดังต่อไปนี้

Karplus (1977 อ้างถึงใน จิระพา สุโขวัฒนกิจ, 2556, น.20-22) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ผู้เรียนจะได้ลงมือกระทำสำรวจและค้นหาทดลองรวบรวมข้อมูลโดยผู้สอนเป็นคนชี้แนะ ผู้สอนให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ในการเลือกเนื้อหาสาระ กำหนดปัญหา และตั้งสมมุติฐานด้วยตนเองจากข้อมูลที่มีอยู่ไปสู่การค้นพบคำตอบที่น่าสนใจสำหรับตนเองซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 2 ขั้นแนะนำมโนทัศน์ (Concept Introduction) เป็นขั้นที่ผู้เรียนคิดเชื่อมโยงข้อมูลที่ได้รวบรวมมาจากการสำรวจและค้นหา โดยผู้สอนเป็นผู้แนะนำคำสำคัญของมโนทัศน์นั้นๆ ผู้สอนจัดเตรียมการสอนโดยให้ความสำคัญกับปัญหาของผู้เรียน และจัดเรียงความสัมพันธ์และศัพท์ใหม่ที่มีโครงสร้างตามประสบการณ์ของผู้เรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นประยุกต์มโนทัศน์ (Concept Application) เป็นขั้นที่ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้จากการมีส่วนร่วมในการเรียนรู้การค้นพบและการแนะนำมโนทัศน์ตามลำดับแล้วนำมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ ผู้สอนเป็นผู้จัดสถานการณ์ หรือปัญหาใหม่เพื่อให้ผู้เรียนได้สะท้อนศักยภาพของตนเองจากสิ่งที่ได้เรียนรู้มาก่อนหน้านั้น ในขั้นนี้จะช่วยให้ผู้เรียนมีการขยายความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์นั้นได้ชัดเจนมากขึ้น

Jacobsen (1985 อ้างถึงใน อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์, 2557, น.388) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นเผชิญปัญหา เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัยหรือเกิดปัญหา เกิดแรงจูงใจและความต้องการ ในการสืบเสาะค้นหาคำตอบของปัญหานั้นผู้สอนต้องเป็นผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้กำหนดปัญหา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนมีการกำหนดแนวทางวิธีการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน วิธีการที่จะเป็นไปได้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่างๆ รวมถึงเป็นผู้กำหนดทางเลือกของแหล่งความรู้ที่ต้องการสืบเสาะ ในขั้นนี้เน้นให้ผู้เรียนการปฏิสัมพันธ์กับ

เพื่อนร่วมชั้นและได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยผู้สอนเป็นผู้จัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 3 ขั้นวิเคราะห์ข้อมูล เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้นำข้อมูลมาจัดกระทำในรูปแบบต่างๆ ที่ใช้อ้างอิงในการตรวจสอบสมมติฐานของปัญหาจนนำไปสู่สร้างข้อสรุป สร้างคำอธิบายให้กับสถานการณ์ของปัญหา หรือแนวทางในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 ขั้นลงข้อสรุปและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ เป็นขั้นที่ผู้เรียนนำหลักฐาน หลักการ หรือประจักษ์พยานมากล่าวอ้างเพื่อลงข้อสรุปเป็นแนวคิดหรือสาระของบทเรียน และสามารถนำความองค์รู้ที่ได้จากการเรียนไปใช้ในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ใหม่ๆได้

Trowbridge and Bybee (2006 อ้างถึงใน ทัศตริน วรรณเกตุศิริ, 2561, น.12-15) ได้เสนอรูปแบบการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ผู้สอนสร้างความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นให้แก่ผู้เรียนโดยใช้คำถามสำคัญ และสร้างความท้าทายให้ผู้เรียนคิดในสถานการณ์ที่ผู้สอนนำเสนอ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตั้งคำถามในประเด็นที่สนใจหรือสงสัยได้ ผู้สอนควรใช้กิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ ผู้เรียนจะเกิดความสนใจเกี่ยวกับเนื้อหา กระบวนการ หรือทักษะที่กำลังจะได้เรียน รวมถึงระบุความรู้พื้นฐานความรู้เดิมด้วยการทบทวนหรือล้วงความรู้จากประสบการณ์เดิม และแนวคิดคาดเคลื่อนของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสำรวจ ตรวจสอบ หรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมสำรวจและค้นหาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ด้วยการลงมือปฏิบัติทดลอง การศึกษาวิดีทัศน์ หรือการใช้กิจกรรมที่จัดไว้ตามกำหนดเวลาที่เหมาะสม ผู้เรียนจะมีการรวบรวมหลักฐานและข้อมูล บันทึกข้อมูล หรืออาจมีการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อมูลและประจักษ์พยานมาลงข้อสรุปหาคำตอบของคำถามหรือสร้างคำอธิบายของคำถามที่ตั้งไว้ โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำและสังเกตการทำงานของผู้เรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนอธิบายการแก้ไขปัญหา หรือตอบคำถามต่างๆ โดยนำข้อสรุปที่ได้จากการสำรวจและการค้นหามาตอบคำถามสำคัญ และอธิบายนำเสนอเพื่อร่วมกันสร้างความเข้าใจมโนทัศน์หรือทักษะที่ถูกต้องและสามารถนำความองค์ความรู้ไปใช้ต่อในขั้นต่อไปได้ ด้วยการใช้กิจกรรมหรือคำถามเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คาดเคลื่อนเชื่อมโยงความเป็นเหตุเป็นผล พัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและความหมายหรือคำนิยาม

ศัพท์โดยผู้สอนสามารถให้รายละเอียดแนะนำคำศัพท์และสนับสนุนให้ผู้เรียนอธิบายมโนทัศน์และคำนิยามด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและร่วมกันแก้ไขปัญหาที่ได้รับ โดยนำทักษะหรือความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้องมาใช้กับสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์จริง ผ่านกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายถึงแนวทางการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและครอบคลุมมากขึ้น และเพื่อฝึกทักษะของผู้เรียนให้ชำนาญมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนประเมินตนเองระหว่างเรียนในแต่ละขั้น ประเมินกระบวนการทำงานของตนเองเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ และทักษะเพื่อให้ทราบว่าตนเองมีความรู้ความสามารถอยู่ในระดับใด รวมถึงการประเมินสรุปในช่วงท้ายของขั้นขยายความรู้ทำให้ทราบถึงแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง นอกจากนี้ยังรวมถึงการที่ผู้สอนประเมินและวัดความสามารถของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ของการเรียนผ่านการให้ผลป้อนกลับโดยการทดสอบคำศัพท์ หรือข้อเท็จจริงที่ได้จากการศึกษากระบวนการทำงานของผู้เรียนและผลงานของผู้เรียนด้วยการตรวจสอบผู้เรียน ว่ามีความเข้าใจในแนวคิดหรือมีความสามารถประยุกต์ใช้แนวคิด

Eisenkraft (2003, p.58) ได้นำเสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ 7E ซึ่งประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) เป็นขั้นที่ทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนโดยผู้สอนเป็นผู้ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้เดิมออกมา เพื่อผู้สอนจะได้ข้อมูลที่สะท้อนผลว่าผู้เรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้ที่ต่างกันและใช้เป็นแนวทางในการวางแผนออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน รวมถึงเป็นแนวทางในการจัดลำดับความสำคัญของเนื้อหาในบทเรียนว่าผู้เรียนควรรู้เนื้อหาพื้นฐานใดก่อนเรียนเนื้อหาในบทเรียนนั้น

ขั้นที่ 2 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่กระตุ้นความตื่นเต้น สร้างความท้าทาย และทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจจากความสงสัย ความสนใจของผู้เรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายกลุ่มในประเด็นที่น่าสนใจซึ่งอาจนำมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ผู้เรียนเคยเรียนรู้มาแล้ว โดยผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างคำถามและกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่จะเป็นไปได้เพื่อลงมือปฏิบัติในการ

เก็บรวบรวมข้อมูล ผ่านกระบวนการสังเกต ออกแบบและวางแผนการทดลอง บันทึกข้อมูล เขียนกราฟ ตีความหมายข้อมูลและจัดกระทำผลการศึกษา หรือศึกษาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงจากแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เพียงพอในการที่จะสร้างคำอธิบายในลำดับขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนอธิบายผลการศึกษาและสรุป เป็นการเอาข้อมูลที่ได้จากขั้นตอนก่อนหน้าซึ่งผ่านการวิเคราะห์ มาแปลผล สรุปผล และนำเสนอในรูปแบบต่างๆ ทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ โดยผู้สอนเป็นผู้ชี้แนะคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์และนำมาอภิปรายผล โดยใช้คำถามเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้เรียนอภิปรายผลการศึกษาด้วยตนเอง

ขั้นที่ 5 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนมีนำองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้จากการค้นคว้าสืบสอบเพิ่มเติมที่ได้ไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ หรือใช้อธิบายสถานการณ์อื่น

ขั้นที่ 6 ขั้นประเมินผล (Evaluation) ขั้นที่ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วยกระบวนการต่างๆ โดยอาจใช้การทำแบบทดสอบ การประเมินจากการปฏิบัติงาน หรือการทดลองเพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนมีความสามารถในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ และมีความรู้ในระดับขั้นใด

ขั้นที่ 7 ขั้นขยายความรู้รวบยอด (Extension) เป็นขั้นที่ผู้เรียนเชื่อมโยงเนื้อหาบทเรียนที่ได้เรียนแล้วไปสู่เนื้อหาบทเรียนอื่นที่เกี่ยวข้อง หรือนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ โดยผู้สอนเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปสร้างเป็นความรู้ที่เรียกว่า “การถ่ายโอนการเรียนรู้”

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สามารถสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ ออกแบบวางแผนวิธีการ และกำหนดการเลือกใช้แหล่งเรียนรู้ รวมถึงวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปในสถานการณ์ต่างๆด้วยตนเอง ผ่านการมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมชั้นหรือผู้สอน โดยผู้สอนเป็นเพียงผู้แนะนำและอำนวยให้เกิดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสืบเสาะซึ่งถือเป็นกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก เนื่องจากผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติงานและเกิดประสบการณ์โดยตรง ทำให้ผู้เรียนซึมซับกระบวนการเรียนรู้ที่นำมาซึ่งองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะยังมีการสะท้อนผลการเรียนรู้ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการเชื่อมโยงระหว่างความรู้เดิมกับองค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากกระบวนการ

เรียนรู้แบบสืบเสาะ สนับสนุนให้ผู้เรียนมีบทบาทในชั้นเรียนมากขึ้น ผู้เรียนได้เพิ่มพูนทักษะความสามารถในการวิเคราะห์ และมีโอกาสในพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.2.5 คุณลักษณะที่สำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์ (2558, น.2-3) ได้อธิบายว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการที่ทำให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสำรวจตรวจสอบโดยมีครูเป็นผู้แนะนำ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นการสืบเสาะหาความรู้จะมีคุณลักษณะสำคัญ 5 ประการดังนี้

1) ผู้เรียนตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ เป็นการใช้กระบวนการคิดปรับให้เป็นข้อคำถามเมื่อเกิดการสังเกต เกิดปัญหา หรือข้อสงสัยขึ้นในตนเอง ซึ่งเป็นคำถามที่สามารถตรวจสอบหรือสร้างสมมติฐานที่ตรวจสอบได้โดยใช้กระบวนการทำงานทางวิทยาศาสตร์

2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานหรือประจักษ์พยานของคำถามที่ตั้งขึ้น เป็นการประเมินถึงข้อดีข้อด้อยของข้อมูลหรือเครื่องมือ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเลือกใช้ข้อมูลที่รวบรวมได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ หรือจากการทดลองว่ามีความถูกต้องเหมาะสม มีความละเอียด และความแม่นยำมากเพียงใดด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รวมถึงการฝึกฝนทักษะกระบวนการปฏิบัติการเบื้องต้นในการใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากข้อมูลและหลักฐานที่มี เป็นกระบวนการใช้เหตุผลในการคิดวิเคราะห์ ด้วยวิธีการที่เหมาะสมอย่างซื่อสัตย์และสอดคล้องกับคำถามหรือปัญหา โดยการเก็บข้อมูลต่างๆด้วยความละเอียด แล้วจึงนำข้อมูลดิบมาวิเคราะห์และใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงในการสร้างคำอธิบาย

4) ผู้เรียนเชื่อมโยงองค์ความรู้ที่ได้สู่องค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเปรียบเทียบ พิจารณาความสอดคล้อง และความแตกต่างขององค์ความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะด้วยตนเองผ่านกระบวนการสังเคราะห์และสร้างคำอธิบายของตนเองกับองค์ความรู้ หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน

5) ผู้เรียนสื่อสารและประเมินองค์ความรู้อย่างมีเหตุผล เป็นการนำเอาองค์ความรู้ที่ได้มาสื่อสาร และเปิดโอกาสให้ผู้อื่นได้วิพากษ์วิจารณ์ผลงาน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกันเป็นการช่วยให้เกิดการเรียนรู้และฝึกการรับฟังข้อเสนอแนะจากผู้อื่น และช่วยเติมเต็มความรู้ในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ให้ดียิ่งขึ้น เช่นเดียวการทำงานของนักวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาคุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ จะเห็นได้ว่ากระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการเรียนรู้เชิงรุก ซึ่งมีการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความตระหนักในการได้มาซึ่งองค์ความรู้เป็นสำคัญ โดยผู้สอนควรคำนึงถึงผลการเรียนรู้ สมรรถนะ และคุณลักษณะที่ผู้เรียนจะได้รับผ่านกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

2.2.6 บทบาทครูและบทบาทนักเรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

Borich, Hao, and Aw (2006 อ้างถึงใน จิระพา สุโขวัฒนกิจ, 2556, น.23-27) ได้อธิบายถึงบทบาทของครูและนักเรียนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การตั้งคำถาม ผู้สอนมีบทบาทในการกระตุ้นความอยากรู้อยากเห็นโดยใช้ประเด็นที่น่าสนใจร่วมกับ การคิดวิธีการสำรวจและค้นหาที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ควรนำเสนอ และผู้เรียนมีบทบาทในการให้ความสนใจ มีความอยากรู้อยากเห็น และร่วมกันคิด ประเด็นที่ผู้สอนนำเสนอ มีการตั้งคำถามที่ตนเองสนใจเกี่ยวกับการสำรวจค้นหาในประเด็นดังกล่าว

2) การสำรวจตรวจสอบ ผู้สอนมีบทบาทและหน้าที่ในการออกแบบวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้ จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำกิจกรรม และเป็นผู้ให้คำแนะนำ สนับสนุนและช่วยเหลือผู้เรียนในการลงมือปฏิบัติดำเนินกิจกรรม และผู้เรียนมีบทบาทในการสำรวจตรวจสอบจากข้อสงสัย ปัญหา หรือข้อคำถามของตนเอง โดยศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ

3) การสร้างและการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้สอนมีบทบาทในการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการกระบวนการคิดวิเคราะห์ พิจารณาความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า รวมทั้งการมีบทบาทในการแนะนำให้ผู้เรียนนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยเลือกใช้สื่อที่เหมาะสมการ และผู้เรียนมีบทบาทการจัดระเบียบข้อมูลเพื่อสื่อความหมาย รวมทั้งเป็นผู้ใช้ความคิดในการวิเคราะห์เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน ประจักษ์พยาน และคำอธิบาย

4) การอภิปรายผล ผู้สอนมีบทบาทในการให้คำแนะนำ และเป็นผู้นำอภิปรายเกี่ยวกับผลการศึกษาของผู้เรียนเพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุปที่ถูกต้อง และผู้เรียนมีบทบาทในการอภิปรายการศึกษาให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ในการแสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจที่ได้จากการเรียนรู้ มีการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ซึ่งกันและกันเพื่อให้องค์ความรู้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

5) การสะท้อนการเรียนรู้ ผู้สอนมีบทบาทในการสนับสนุนให้ผู้เรียนมีโอกาสในการสะท้อนความรู้ความเข้าใจของตนเองจากการค้นพบองค์ความรู้ใหม่ และผู้เรียนมีบทบาทใน

การเขียนบันทึกการเรียนรู้ที่สะท้อนความรู้ความเข้าใจในประเด็นต่างๆ กระบวนการดำเนินกิจกรรม และพิจารณาคำถามหรือข้อสงสัยใหม่ๆที่สามารถเป็นไปได้

จากการศึกษาบทบาทครูและนักเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สามารถสรุปได้ว่า ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ โดยการเปิดโอกาสและเพิ่มบทบาทของผู้เรียนด้วย การให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาด้วยตนเอง ผู้สอนจำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึง ความรู้เดิมของผู้เรียน กระตุ้นให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดของตนออกมาให้ปรากฏ มีโอกาสใช้ ความคิดใหม่ๆในสถานการณ์ที่ต่างกันออกไปทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการและกระบวนการเรียนที่ดีขึ้น มีการรวบรวมความรู้ต่างๆเข้าด้วยกันและสืบค้นแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายซึ่งนำไปสู่การสร้าง แรงจูงใจให้ผู้เรียน เกิดความอยากรู้อยากเห็นในการเรียนรู้และมีทักษะการสืบเสาะหาความรู้ด้วย ตนเอง

2.2.7 ประเภทของการประเมินการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ

ทัศตริน วรรณเกตุศิริ (2561, น.13-15) ได้อธิบายว่า การประเมินการเรียนรู้ เป็น กระบวนการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้ของผู้เรียน ซึ่งเป็นข้อมูลที่สะท้อนผลการจัดการ เรียนรู้ของผู้สอน และผลการเรียนรู้ของผู้เรียน สำหรับการประเมินการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะประกอบด้วย การประเมินเพื่อวินิจฉัย (Diagnostic Assessment) การประเมินเพื่อ พัฒนาการเรียนรู้ (Formative Assessment) และการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ (Summative Assessment) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1) การประเมินขั้นสร้างความสนใจ ประกอบด้วยการประเมินเพื่อวินิจฉัยและ พัฒนาการเรียนรู้ โดยการตรวจสอบความสนใจของผู้เรียนในเนื้อหา ถามสิ่งที่ผู้เรียนรู้มาแล้วเพื่อ เตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนก่อนที่จะได้เรียนรู้สิ่งใหม่ ตรวจสอบแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน เกี่ยวกับสิ่งที่กำลังจะเรียน ใช้กิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการประเมินตนเองเบื้องต้น

2) การประเมินขั้นสำรวจค้นหา เป็นการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ สามารถ ทำได้โดยสังเกตและรับฟังผู้เรียนในขณะที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเนื้อหาที่เรียน ใช้คำถามเพื่อวัด ความเข้าใจ รวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์ของการปรับเปลี่ยนหรือพัฒนาแนวคิดของผู้เรียน ตรวจสอบความก้าวหน้าในการพัฒนาความเข้าใจและปรับเปลี่ยนหากจำเป็น และประเมินความ ต้องการรูปแบบการสอนที่เปลี่ยนแปลงไปของผู้เรียน

3) การประเมินขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ โดยการตรวจสอบการสะท้อนคิดและประเมินตนเองเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการสอน ตรวจสอบความเข้าใจเชิงลึก และแนวคิดคาดเคลื่อนที่ยังคงเหลืออยู่ระหว่างการสำรวจหรือทดลอง วิเคราะห์การคิดและการให้เหตุผลของผู้เรียน ประเมินรายงานการพูดนำเสนอ ประเมินการอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับแนวคิด คำศัพท์ ทักษะที่เป็นเป้าหมายสำคัญในการเรียนของบทเรียน และประเมินความเข้าใจของผู้เรียนในด้านเนื้อหา

4) การประเมินขั้นขยายความรู้ ประกอบด้วยการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ ประเมินได้จากการวิเคราะห์ความสามารถในการนำเนื้อหาที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ต่างๆที่กำหนดให้ ใช้แบบฝึกหัดหรือการตอบคำถามเพิ่มเติม พิจารณาการนำเสนอค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมการเลือกใช้แหล่งเรียนรู้ต่างๆ ของผู้เรียน

5) การประเมินขั้นการประเมิน ประกอบด้วยการประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ และการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ โดยประเมินจากการสะท้อนความคิดและการวัดประเมินตนเอง การตั้งคำถามหรือกำหนดสถานการณ์ให้ผู้เรียนเสนอแนวทางแก้ไขปัญหา เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลองตั้งคำถามและช่วยกันตอบ

จากการศึกษาประเภทของการประเมินการเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ จะเห็นได้ว่า ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้สามารถแทรกกระบวนการการประเมิน ให้สอดคล้องและเหมาะสมกับกิจกรรมหรือเนื้อหาในแต่ละขั้นเพื่อติดตามพัฒนาการของผู้เรียน โดยรูปแบบการประเมิน ได้แก่ การประเมินเพื่อวินิจฉัย (Diagnostic Assessment) การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ (Formative Assessment) และการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ (Summative Assessment) นำไปใช้แตกต่างกันตามเป้าหมายของการเรียนรู้และระยะเวลาของการเรียนรู้ กล่าวคือ การประเมินเพื่อวินิจฉัย เป็นการประเมินในระยะก่อนเรียน ใช้เพื่อวัดระดับความรู้ความเข้าใจ ทักษะความสามารถ และแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนก่อนการเรียนเนื้อหาในบทเรียนที่จะสอน การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ เป็นการประเมินในระหว่างเรียน เพื่อพัฒนาการเรียนรู้และวัดการพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน รวมทั้งวัดความคืบหน้าของผู้สอนไปควบคู่กัน สามารถสังเกตหรือสอบถามผู้เรียนเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนรู้ได้ เพื่อหาแนวทางการปรับเปลี่ยนให้กิจกรรมการเรียนรู้ดียิ่งขึ้น และการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนรู้ เป็นการประเมินระยะหลังเรียนจะเกิดขึ้นหลังเรียนเสร็จสิ้น เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการต่างๆ โดยการประเมินอย่างเป็นทางการ มีการใช้แบบทดสอบ และมีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ชัดเจน เพื่อตรวจสอบว่าบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้หรือไม่

2.3 การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.3.1 ความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือสำคัญที่ส่งเสริมกระบวนการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยกิจกรรมที่สนับสนุนการสร้างคำอธิบาย จะมีลักษณะสืบเสาะหาความรู้และสร้างข้อสรุปด้วยตนเองสามารถตรวจสอบได้ด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ซึ่งจะช่วยพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์กระบวนการวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ โดยมีนักวิชาการได้กล่าวถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

McNeil and Krajcik (2008) ได้กล่าวถึงความจำเป็นที่จะต้องเกิดกระบวนการการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในห้องเรียนที่มีการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์คือ

1) เป็นหัวใจของกระบวนการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น

2) เป็นกุญแจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์ในระดับพื้นฐาน รวมทั้งเป็นกิจกรรมที่กำหนดในกรอบโครงสร้างของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

3) เป็นการส่งเสริมนักเรียนให้มองเห็นภาพของวิทยาศาสตร์

4) เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

5) เป็นการส่งเสริมความเข้าใจที่ลึกซึ้งเกี่ยวกับคำสำคัญของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

สันติชัย อนุวรชัย (2553, น.23-24) ได้กล่าวถึงการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์มีว่าความสำคัญต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนทั้งในด้านการพัฒนาความเข้าใจมโนทัศน์ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาด้วยการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และมีเหตุผลตลอดจนเป็นการสร้างประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เสมือนจริงให้กับนักเรียนเพราะได้นำเอาการปฏิบัติอันเป็นหลักสำคัญของสังคมวิทยาศาสตร์มาจัดการเรียนการสอนซึ่งเป็นการพัฒนานักเรียนทางด้านกระบวนการคิดการปฏิบัติและการสร้างคุณลักษณะแบบนักวิทยาศาสตร์

กฤตกร สภาสันติกุล (2558, น.13) ได้กล่าวว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นสมรรถนะที่มีความสำคัญกับนักเรียนในยุคปัจจุบันซึ่งชี้ให้เห็นถึงเหตุและผลของการเกิด

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ปรากฏการณ์ โดยมีหลักฐานสนับสนุนคำตอบรวมทั้งการกิจกรรมเปิดโอกาสให้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนเป็นผู้ค้นพบองค์ความรู้ด้วยตนเองพัฒนาความรู้ความเข้าใจทักษะการคิดรวมไปถึงเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

สามารถสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญเนื่องจากเป็นกิจกรรมที่มีเป้าหมายเพื่อค้นพบความจริง เป็นการให้ผู้เรียนได้สะท้อนสิ่งที่ได้เรียนรู้เพื่อประเมินความสามารถในการเรียนรู้ซึ่งนำไปสู่กระบวนการคิด การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเป็นการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงแนวคิดวิทยาศาสตร์เข้ากับสถานการณ์ ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่างๆ ส่งเสริมการค้นพบความรู้และความเข้าใจใหม่ทางวิทยาศาสตร์ ค้นหาสาเหตุที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ในธรรมชาติ

2.3.2 ความหมายของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Gilbert (2000 อ้างถึงใน สันติชัย อนุวรชัย, 2553, น.25) ได้กล่าวถึงคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ว่าเป็นผลผลิตของสังคมวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยชี้ให้เห็นว่าคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีให้ความหมายดังนี้ คือ

1) คำอธิบาย คือการให้ความหมายของคำในบริบททางวิทยาศาสตร์ให้มีความชัดเจน

2) คำอธิบาย คือประโยคที่แสดงถึงความเชื่อหรือการกระทำอย่างมีเหตุผลในบริบททางวิทยาศาสตร์

3) คำอธิบาย คือการอธิบายสาเหตุของสภาพเหตุการณ์กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์

4) คำอธิบาย คือการอธิบายลักษณะและหน้าที่ของสิ่งต่างๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการสืบสอบเชิงวิทยาศาสตร์

5) คำอธิบาย คือการกล่าวอ้างทฤษฎีที่มาจากกฎต่างๆ

Chiappetta and Koballa (2010, p.104) ได้กล่าวถึงลักษณะสำคัญของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ คือคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นคำอธิบายที่ถูกต้องสะท้อนผลการสังเกตของการทดลองเชิงประจักษ์คำอธิบายที่สร้างขึ้นนั้นต้องมาจากการให้เหตุผลเชิงตรรกะและสอดคล้องกับ

หลักฐานเป็นคำอธิบายที่เป็นสาธารณะและสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยใช้กระบวนการพินิจพิเคราะห์การรับรองการปรับเปลี่ยนและการปฏิเสธจากสังคมวิทยาศาสตร์

Zangori and Forbes (2014) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตปรากฏการณ์โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและกลไกที่ใช้ในการอธิบายที่สนับสนุนสาเหตุและผลที่คาดว่าจะเกิดขึ้นเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติด้วยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีลักษณะสำคัญต่อไปนี้

1) ตอบคำถามที่ต้องการสำรวจตรวจสอบ

2) ลักษณะคำอธิบายขึ้นอยู่กับข้อมูลและหลักฐานที่สนับสนุนคำตอบที่ตรวจสอบ

3) ให้ความเข้าใจในเรื่องใหม่

4) เสริมสร้างแนวความคิดที่มีอยู่เดิม

จากการให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักวิชาการหลายท่าน สามารถสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งยังเป็นการหาคำตอบของปัญหาต่างๆ อย่าง และถือเป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อการสื่อสาร โดยอาศัยการอ้างอิงหลักฐานที่ได้มาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล

2.3.3 องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Kuhn and Reiser (2005 อ้างถึงใน กฤตกร สภาสันติกุล, 2558, น.13) ได้อธิบายและการวิเคราะห์องค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1) ข้อกล่าวอ้าง หมายถึง คำตอบของคำถามซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สร้างได้ง่าย โดยมีลักษณะบรรยายว่าเกิดอะไรขึ้น หรือระบุสาเหตุปัญหาสำคัญของการเกิดปรากฏการณ์

2) หลักฐาน หมายถึง ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากการรวบรวมข้อมูล หรือการทดลอง เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างโดยหลักฐานอาจมีหลายลักษณะ เช่น ตัวเลข ข้อเท็จจริง ข้อมูลจากการสังเกต บทความ

3) การให้เหตุผล หมายถึง ส่วนที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานโดยทั่วไปมักมีลักษณะเป็นเหตุเป็นผล โดยเชื่อมโยงเข้ากับความรู้หรือทฤษฎีที่มีอยู่เดิม และอธิบายขยายความให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน

McNeill and Krajcik (2008) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบคือ

1) ข้อกล่าวอ้างคือคำตอบของคำถาม

2) หลักฐานคือข้อมูลที่สนับสนุนข้อสรุป

3) การให้เหตุผลคือการตัดสินใจที่แสดงว่าทำไมข้อมูลหรือหลักฐานจึงสนับสนุนข้อสรุป

Brunsell (2012) ได้เสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 องค์ประกอบ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1) คำกล่าวอ้าง มีลักษณะเป็นข้อความหรือข้อสรุป เพื่อตอบคำถามหรือปัญหาที่สนใจ

2) หลักฐาน คือข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุป ข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้มาจากการสังเกต การทดลอง การสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ หลักฐานที่นำมาสนับสนุนจะต้องเหมาะสม กล่าวคือมีความสัมพันธ์กับคำถามหรือปัญหาที่เผชิญอยู่โดยต้องมีการใช้หลักฐานมากกว่าหนึ่งแหล่งในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปนั้น ซึ่งสามารถจำแนกประเภทของหลักฐานออกเป็น

หลักฐานคำบอกเล่า เป็นหลักฐานที่มาจากการสังเกตหรือประสบการณ์ระดับบุคคลอาจมาจากผู้เรียน เพื่อนร่วมชั้น ครอบครัว ซึ่งมาเป็นสถานการณ์ที่คนส่วนใหญ่คุ้นเคย

หลักฐานข้อเท็จจริง เป็นหลักฐานที่มาจากข้อมูล ข้อเท็จจริง ที่มีการยืนยันหรือมีงานวิจัยรองรับ ที่ได้มาจากกระบวนการทดลองและสำรวจด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

หลักฐานข้อความ เป็นรายละเอียดที่มาจากหนังสือหรือบทความที่ผู้เรียนใช้ในการอ้างอิงเพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป

3) เหตุผล คือการแสดงเหตุผลในการเลือกใช้ หรือตัดสินว่าหลักฐานที่ใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปมีความสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์

จึงสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลโดยมีรายละเอียดดังนี้ส่วนที่ 1 ข้อกล่าวอ้าง เป็นการยืนยันหรือลงข้อสรุปของคำถาม ส่วนที่ 2 หลักฐาน คือ ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างซึ่งข้อมูลนี้จะได้มาจากการสำรวจตรวจสอบจากหลายแห่ง เช่น การสังเกตสิ่งรอบตัว การทดลอง การอ่านเอกสารสำคัญ การได้รับข้อมูลเพิ่มเติม เป็นต้น ซึ่งหลักฐานจะต้องเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และส่วนที่ 3 การให้เหตุผล คือ การแสดงเหตุผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมและถูกต้อง

2.3.4 พฤติกรรมบ่งชี้การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะของบุคคลที่จะยอมรับหรือตอบคำถามต่างๆ โดยมีหลักฐาน และการให้เหตุผลมาสนับสนุนอย่างเหมาะสมการฝึกให้นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จึงควรเป็นกิจกรรมสำคัญในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีการเรียนการสอนแบบสืบเสาะนักการศึกษาได้ระบุพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงถึงพฤติกรรมของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Etkina (2004, อ้างถึงใน สุพัตรา จันทรโฆษิต, 2552) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่บ่งชี้ว่าผู้เรียนมีการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะดังนี้

1) สร้างความกระจ่างให้กับสถานการณ์ และเสนอคำอธิบายจากปรากฏการณ์ที่สังเกตได้โดยใช้เหตุผลที่หลากหลาย ในเชิงอุปมาอุปไมย เปรียบเทียบ

2) ลงความเห็นในการนำคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

3) ทำนายอย่างมีเหตุผลโดยใช้พื้นฐานจากการสร้างคำอธิบาย

4) ประเมินคำอธิบายและปรับเปลี่ยนคำอธิบายเมื่อจำเป็น

5) จำแนกประเภทประเมินและระบุข้อจำกัดของคำอธิบายโดยตรวจสอบความสัมพันธ์อันเกี่ยวเนื่องกับรูปแบบอื่นๆและพิจารณาความสอดคล้องกับหลักฐานได้

Woody (2015) ได้กล่าวถึงลักษณะของกิจกรรมในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนและระบุพฤติกรรมของนักเรียนว่าจะมีการแสดงออกพฤติกรรมในห้องเรียนดังนี้

1) มีการพูดคุยกันอย่างเปิดเผยแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของตนเองในกลุ่มย่อย

2) ภายในกลุ่มควรมีสมาชิกที่มีความสามารถและทักษะความรู้ที่แตกต่างกันเพื่อร่วมกันสร้างและตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แต่ละกลุ่มสร้างขึ้น

3) มีกลุ่มของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นตัวอย่างในการสร้างเพื่อแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกันในกลุ่มย่อย

4) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ความสำคัญกับการอธิบายปรากฏการณ์ซ้ำไปซ้ำมามากกว่าคำอธิบายใหม่ และให้ความสำคัญกับหลักฐานการสร้างประเมินคำอธิบายอย่างเป็นวิทยาศาสตร์

5) กิจกรรมการสร้างและแลกเปลี่ยนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นหัวใจสำคัญของการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยกิจกรรมการสร้างและแลกเปลี่ยนทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถปรับปรุงคำอธิบายโดยใช้หลักฐานตรรกะ และสามารถโต้แย้งโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือรูปแบบทฤษฎีมากล่าวอ้าง

จากการวิเคราะห์พฤติกรรมบ่งชี้ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่าผู้เรียนจะต้องให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ตนเอง หรือกลุ่มได้ทำการสำรวจตรวจสอบ และประเมินความน่าเชื่อถือหรือความเหมาะสมของหลักฐานได้ โดยในกลุ่มจะต้องมีการคละความสามารถของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแลกเปลี่ยนและร่วมกันตรวจสอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างและปรับปรุงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้

2.3.5 แนวทางการวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แนวทางในการวัดความสามารถของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มี 4 ประเด็นคือ ลักษณะของแบบวัด เกณฑ์การประเมิน ตัวอย่างเครื่องมือวัดความสามรถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และคำถามเพื่อประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2.3.5.1 ลักษณะแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การวัดและประเมินคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้วิธีการทดสอบ (Testing) ด้วยการใช้แบบสอบความเรียง (Essay Test) โดยใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด (The Open-Ended Explanation Items) (McNeill & Krajcik, 2008) แบบทดสอบ (Test) ประกอบด้วยข้อสอบที่มีองค์ประกอบสำคัญคือ

(1) สถานการณ์เกี่ยวกับเรื่องที่ต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบาย

(2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งอาจอยู่ในรูปกราฟ ตาราง แผนภูมิ ภาพการทดลอง ฯลฯ เพื่อให้นักเรียนใช้เป็นข้อมูลในการอ้างอิงเป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบาย

(3) คำสั่งหรือคำถามที่ให้นักเรียนสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ โดยระบุว่าต้องการให้นักเรียนสร้างคำอธิบายในเรื่องใด ส่วนจำนวนข้อสอบในแบบสอบและเวลาที่ใช้ในการทำแบบสอบนั้นแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับผู้สอน

OECD (2016) ระบุลักษณะของแบบวัดการอธิบายปรากฏการณ์อย่างเป็นวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก คือ เลือกคำตอบอย่างง่าย เลือกคำตอบแบบซับซ้อน และแบบเขียนอธิบายเหตุผล โดยส่วนที่เป็นแบบปลายเปิดมีลักษณะอธิบายจากแผนภาพหรือกราฟนำไปสู่ข้อสรุป

จากการวิเคราะห์ลักษณะแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่าจะมีลักษณะเป็นสถานการณ์ที่ต้องให้ผู้เรียนสร้างคำอธิบายโดยจะต้องให้ข้อมูลประกอบ เช่น รูปภาพ ตาราง การทดลอง ผลการทดลอง เป็นหลักฐานในการสร้างคำอธิบาย โดยผู้เรียนจะต้องเป็นผู้ให้เหตุผลประกอบด้วยตนเอง

2.3.5.2 เกณฑ์การประเมิน

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน (Scoring Rubrics) การตรวจให้คะแนนข้อสอบเพื่อตรวจสอบองค์ประกอบของการอธิบาย ผู้สอนจะต้องกำหนดเกณฑ์การประเมินการอธิบายพื้นฐาน ซึ่งเป็นเกณฑ์ประเมินโดยรวมในการจำแนกระดับคำตอบในแต่ละองค์ประกอบของการ

อธิบายพื้นฐาน (Base Explanation Rubric) และสร้างเกณฑ์ประเมินการอธิบายจำเพาะ (Specific Explanation Rubric) สำหรับประเมินแนวคิดและให้คะแนนแบบจำเพาะต่อเรื่องที่ออกข้อสอบ

McNeill and Krajcik (2008) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปซึ่งแบ่งได้ 3 ระดับดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบทั่วไป

องค์ประกอบ	ระดับคะแนน		
	0	1	2
ข้อกล่าวอ้าง คือ ข้อยืนยันของปรากฏการณ์ที่ศึกษา	ไม่เขียนข้อกล่าวอ้างหรือเขียนข้อกล่าวอ้างไม่ถูกต้อง	เขียนข้อกล่าวอ้างถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน	เขียนข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและชัดเจน
หลักฐาน คือ ข้อมูลเชิงประจักษ์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	ไม่มีการแสดงหลักฐานหรือแสดงหลักฐานไม่เหมาะสมกับคือเป็นหลักฐานที่ไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอและอาจมีหลักฐานบางประการที่ไม่เหมาะสม	แสดงหลักฐานได้เหมาะสมและมีจำนวนเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล คือข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐาน	ไม่แสดงเหตุผลหรือแสดงเหตุผลที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง	แสดงเหตุผลที่เชื่อมโยงกับข้อกล่าวอ้างแต่มีการใช้หลักฐานซ้ำและหรือใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์บ้างแต่ไม่เพียงพอ	แสดงเหตุผลที่เป็นการเชื่อมโยงหลักฐานไปสู่ข้อกล่าวอ้างรวมถึงใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมและเพียงพอ

ที่มา: McNeill & Krajcik, 2008

ตัวอย่างเครื่องมือวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

หากนำช้อนโลหะ ช้อนไม้ และช้อนพลาสติกจุ่มในน้ำร้อนพร้อมกัน หลังจากนั้น 15 วินาทีช้อนใดจะร้อนมากที่สุด

ก. ช้อนโลหะ
ข. ช้อนไม้
ค. ช้อนพลาสติก
ง. ช้อนทุกอันร้อนเท่ากัน

อธิบายเหตุผลในการเลือก

McNeill and Krajcik (2008) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังข้อไปนี้

ชนิดของเหลว	ความหนาแน่น	สี	มวล	จุดหลอมเหลว
ของเหลวที่ 1	0.93 g/cm^3	ไม่มีสี	38 g	-98 °C
ของเหลวที่ 2	0.79 g/cm^3	ไม่มีสี	38 g	26 °C
ของเหลวที่ 3	13.6 g/cm^3	สีเงิน	21 g	-39 °C
ของเหลวที่ 4	0.93 g/cm^3	ไม่มีสี	16 g	-98 °C

จากข้อมูลในตาราง จงเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของเหลวเหล่านี้เป็นของเหลวชนิดเดียวกันหรือไม่

McNeill and Martin (2011) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ดังข้อไปนี้

เมื่อไม่ใช้คานเราต้องยกของด้วยแรง 2.2 นิวตัน เมื่อใช้คานช่วยในการยกของพบว่า

ระยะระหว่างสิ่งของและจุดหมุน (cm)	ระยะระหว่างแรงพยายามและจุดหมุน (cm)	ขนาดของแรงพยายาม (N)
5	10	0.8
20	10	4.3
10	5	5.3
10	20	1.3

จากข้อมูลในตาราง ให้ผู้เรียนเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ การใช้คานช่วยให้งานง่ายขึ้นจริงหรือไม่

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2.3.5.3 คำถามเพื่อประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

คำถามที่ใช้ในการประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จะต้องเป็นคำถามที่กระตุ้นให้ผู้เรียนใช้ความรู้ และการคิดวิเคราะห์ในแนววิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องอย่างลึกซึ้ง ลักษณะของคำถามจึงมีความซับซ้อนมากขึ้น อาจใช้คำถามที่ผู้เรียนสามารถเอาหลักฐานต่างๆ ทั้งจากเหตุการณ์จริง หรือประสบการณ์ในชีวิตประจำวัน การเลือกใช้หรือตีความหมายจากข้อมูลการทดลองสำรวจ สืบค้นมาอย่างถูกต้องเหมาะสมตามระดับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนเรียนรู้ (ทัศตริน วรรณเกตุศิริ, 2561, น.80) จะเห็นว่า ข้อคำถามสำหรับการวัดประเมินการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อาจเป็นแบบปลายเปิดหรือแบบเลือกตอบก็ได้แต่ข้อคำถามมักจะมีการให้สถานการณ์พร้อมกับข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์จำนวนหนึ่งแล้วกำหนดคำถามหรือปัญหาขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนลงข้อกล่าวอ้างหรือข้อสรุปโดยมีการระบุหลักฐานและให้เหตุผล สนับสนุน ในการอ้างอิงข้อมูลที่ปรากฏเชื่อมโยงกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของตนเอง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ผลการศึกษาของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนแบบสืบสอบร่วมกับคนวิธีโต้แย้งที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และกระบวนการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองจัดอยู่ในความสามารถระดับดี นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ระดับนัยสำคัญ.05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความมีเหตุผลสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมี มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

กฤตกร สภาสันติกุล (2558) ศึกษาผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนายสังเกตอธิบายอย่างมีขั้นตอนที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผลการวิจัยสรุปว่า

1) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีคิดเป็น 14.24 คะแนนจาก 24 คะแนน และเมื่อจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายพบว่าข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอยู่ในระดับดี ส่วนการให้เหตุผลอยู่ในระดับควรปรับปรุง

2) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 เมื่อจำแนกองค์ประกอบของคำอธิบายพบว่าทุกองค์ประกอบสูงกว่าก่อนทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3) นักเรียนมีค่าเฉลี่ยความมีเหตุผลคิดเป็นร้อยละ 84.13 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด และเมื่อจำแนกลักษณะความมีเหตุผลพบว่าทั้ง 5 ลักษณะมีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

4) นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลไม่ต่างจากก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และเมื่อจำแนกลักษณะความมีเหตุผลพบว่ามีเพียง 1 ลักษณะ คือแสวงหาสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์และระบุความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของการเกิดปรากฏการณ์ต่างๆได้ที่แตกต่างกันก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

กัลยา ภูทัตโต (2559) ศึกษาผลของการใช้การเรียนรู้สืบสอบแบบแนะนำเน้นกระบวนการที่มีผลต่อมโนทัศน์ทางเคมีและความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษจำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ คือแบบวัดมโนทัศน์ทางเคมี และแบบวัดความสามารถในการวิเคราะห์ ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบสมมติฐานด้วยสถิติทดสอบค่าที ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะแนะนำเน้นกระบวนการมีค่าเฉลี่ยของมโนทัศน์ทางเคมีคิดเป็นร้อยละ 76.67 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ ร้อยละ 70 พบว่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เชิงพรรณนาและเชิงทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 82.45 และ 72.85 ตามลำดับ นักเรียนที่เรียนโดยใช้การสืบเสาะแบบเน้นกระบวนการมีค่าเฉลี่ยทางมโนทัศน์ทางเคมีหลังผลการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยพบว่ามโนทัศน์เชิงพรรณนาและเชิญทฤษฎีหลังการทดลองสูงกว่าการทดลองอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความสามารถในการวิเคราะห์คิดเป็นร้อยละ 78.43 และมีความสามารถในการวิเคราะห์สูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05

ณัฐพล สีจาด (2558) ศึกษาผลของวิธีสืบสอบร่วมกับการเรียนรู้เป็นทีมที่มีผลต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางเคมีและเจตคติที่ดีต่อการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดย ใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและแบบวัดเจตคติต่อการทำงานกลุ่ม วิเคราะห์ข้อมูลโดยการใช้ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการแก้ไขปัญหาทางเคมีหลังเรียนเท่ากัน 63.23 จัดอยู่ในระดับความสามารถดีและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 โดยนักเรียนมีความสามารถในการแก้ไขปัญหาเชิงขั้นตอนสูงที่สุดรองลงมาคือ ความสามารถในการแก้ไขเชิงมโนทัศน์และปัญหาบูรณาการซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 76.32 60.78 และ 56.35 ตามลำดับ นักเรียนมีค่าเฉลี่ยเจตคติต่อการทำงานกลุ่มหลังเรียนด้วยวิธีสืบสอบร่วมกับการเรียนรู้เป็นทีมเท่ากับ 3.71 ซึ่งอยู่ในระดับเจตคติต่อการทำงานกลุ่มที่สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีค่าเฉลี่ยประกอบด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และพฤติกรรมเท่ากับ 3.96 3.71 และ 3.46 ตามลำดับ โดยนักเรียนเห็นด้วยที่สุดว่าการช่วยเหลือซึ่งกันเป็นสิ่งจำเป็นในการทำงานร่วมกัน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.47 รองลงมาคือ การยอมรับความคิดเห็นของสมาชิกคนอื่นเป็นสิ่งที่ควรทำเท่ากับ 4.4 และนักเรียนคิดว่าการยากที่จะทำให้สมาชิกคนอื่นยอมรับความคิดเห็นของตนเองเท่ากับ 2.56

ณัฐมน สุชัยรัตน์ และคณะ (2559) ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น การวิจัยประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนแรกเป็นการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนและขั้นตอนที่ 2 เป็นการประเมินประสิทธิผลของรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 2 ห้องเรียนห้องเรียนละ 50 คนโดยเป็นห้องทดลอง 1 ห้องและห้องควบคุม 1 ห้อง เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการถ่ายโยงการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และถ่ายโยงข้อมูลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่ 1) ขั้นกำหนดสถานการณ์ 2) ขั้นสร้างและทดสอบแบบจำลอง 3) ขั้นโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 4) ขั้นสรุปความรู้ และ 5) ขั้นนำไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ และพบว่ารูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถ

พัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงข้อมูลการเรียนรู้โดยนักเรียนกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโอนความรู้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่.05 นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงข้อมูลการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

นรีรักษ์ ทองสะอาด (2559) ศึกษาการพัฒนากระบวนการประเมินทักษะปฏิบัติการเคมีโดยใช้แนวคิดทางการสืบสอบ ที่มีการแนะแนวทางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักเรียนที่กำลังศึกษาในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในห้องเรียนที่ใช้การเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสืบสอบแบบแนะแนวทางภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียน ที่อยู่ในสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐานจำนวน 132 คน พบว่ากระบวนการ การประเมินทักษะปฏิบัติการเคมีโดยใช้แนวทางการสืบสอบที่แนะแนวทางสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนได้แก่ 1) การตั้งสมมติฐานหรือปัญหาในการทดลอง 2) การวางแผนการทดลอง 3) การสำรวจและเก็บข้อมูล 4) การวิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อมูล 5) การสร้างข้อสรุป 6) การประเมินและการสะท้อนความคิด และ 7) การขยายความรู้ ซึ่งประกอบในการประเมินทักษะทางวิทยาศาสตร์มี 4 ด้าน ได้แก่ เทคนิควิธีการทดลอง กระบวนการทดลอง ความคล่องแคล่วในการปฏิบัติงาน และความเป็นระเบียบในการทำงาน มีค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในอยู่ระหว่าง 0.863 ถึง 0.97 และมีค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมินจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สันที่สัมพันธ์กันสูงที่ระดับนัยสำคัญที่ .01

พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช (2560) ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องสมบัติของแก๊ส ที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 34 คนโดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียน นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติ ได้แก่ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนผลการวิจัย พบว่า

1) ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงสุดอยู่ที่ระดับ1 แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้

แบบจำลองเป็นฐานพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2

2) ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊สมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 กล่าวคือนักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนเพิ่มมากขึ้นจากก่อนเรียนแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยสนับสนุนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊สได้

กรกนก เลิศเดชาภัทร (2561) ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลัง และเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนแบบสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลัง กับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปโดยใช้กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สังกัดสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน กรุงเทพมหานคร ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้อง ห้องละ 37 คนและ 36 คนตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.68 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนเฉลี่ยร้อยละ และสถิติทดสอบ t-test ผลการวิจัยพบว่า

1) คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองคือ ร้อยละ 82.14 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปจัดอยู่ในความสามารถระดับดีมากโดยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอยู่ในระดับดีมาก ส่วนองค์ประกอบการให้เหตุผลอยู่ในระดับดี

2) เมื่อพิจารณาทั้งคะแนนรวมและคะแนนแยกตามองค์ประกอบหลังเรียนพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ณัฐวรรณ ศศิธร และเอกภูมิ จันทรขันตี (2562) ศึกษาแนวปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้ง และศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่องแรงมวลและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน โดยกลุ่มที่ศึกษาคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 29 คนในโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ของโรงเรียนมัธยมศึกษา

ขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ บันทึกหลังสอนของครู อนุทินของนักเรียน วีดีโอบันทึกการสอน วิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัยและการทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงเนื้อหาเพื่อจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียน รายข้อในแต่ละองค์ประกอบ และสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากนั้นหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก เพื่อทำการแบ่งอันตราภาคชั้นตามหลักการทางสถิติแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คะแนนเต็ม 2 คะแนน ผลการวิจัยพบว่าแนวปฏิบัติที่ดี ขั้นที่ 1 การกำหนดประเด็นที่จะศึกษาควรยกตัวอย่างสถานการณ์ที่ท้าทายและเกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน ขั้นที่ 2 การสร้างสรรค์และวิเคราะห์ข้อมูลควรตั้งคำถามชี้นำในลักษณะปลายเปิดและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้สืบเสาะด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกแก่นักเรียน ขั้นที่ 3 การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราวรูปแบบของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ควรกำหนดประกอบอย่างชัดเจน ขั้นที่ 4 กิจกรรมการโต้แย้งควรส่งเสริมให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรมและเน้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นบนพื้นฐานของหลักการและเหตุผล ขั้นที่ 5 การเขียนรายงานส่วนบุคคลควรใช้เครื่องช่วยเหลือแนะนำให้นักเรียนเข้าใจกรอบแนวคิดของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และขั้นที่ 6 การอภิปรายผลและการสรุปรายงานควรกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมกันตรวจสอบรายงานของเพื่อน และอภิปรายถึงปัญหาและแนวทางที่เกิดขึ้นระหว่างทำกิจกรรมและผลจากการวิเคราะห์แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้ พบว่าความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีคือ 1.75 คะแนน

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Smallhorn (2015) ศึกษาการพัฒนาการมีส่วนร่วมและการสร้างความสนใจ ของนักเรียนสำหรับเนื้อหาของหัวข้อใหญ่ในรายวิชาชีววิทยาโดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน จากการศึกษาพบว่าการเพิ่มโอกาสในชั้นเรียนของนักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐานจะช่วยพัฒนาการมีส่วนร่วมหรือความสนใจ ของผู้เรียนในเนื้อหาดังกล่าว และช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เช่น ทักษะการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเดิมทีมักจะถูกใช้เป็นกิจกรรมหนึ่งที่เป็นการประยุกต์การใช้เนื้อหาจากการบรรยายในชั้นเรียน กิจกรรมการเรียนรู้หลายๆกิจกรรมนั้นแสดงถึงผู้เรียนในการปฏิบัติการทดลองและการทดสอบ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวเป็นการทำนายสิ่งที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ เพื่อที่จะแก้ไขและพัฒนาการมีส่วนร่วมและความสนใจรวมทั้งผลการเรียนรู้ที่ผู้เรียนจะได้รับ ในการเรียนรายวิชาชีววิทยาและเทคนิคปฏิบัติการต่างๆในการศึกษาครั้งนี้มีนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง 100 คน โดยรูปแบบการสอนทักษะปฏิบัติการที่ถูกพัฒนาขึ้นใหม่อยู่ใน

รูปแบบของการสืบเสาะแบบแนะแนวทางโดยมีผู้สอน เป็นผู้อำนวย ความสะดวก ในการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียน ทำการออกแบบ การทดลอง เพื่อที่จะวิเคราะห์ ผลของ การปรับปรุงพัฒนา ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน และความพึงพอใจของผู้เรียน โดยหลังจากการปรับปรุงพัฒนาการจัดการเรียนรู้ พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจในระดับสูง และผู้เรียนมีการพัฒนาผลการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้จึงควรพิจารณาถึงกิจกรรมที่ใช้การสืบเสาะเป็นการพัฒนาผู้เรียนจะอิสระให้มีส่วนร่วมและมีความสนใจในบทเรียนและมีผลการเรียนรู้ที่ดี

Pedaste (2015) ศึกษาเอกสารงานวิจัยเกี่ยวกับ ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน: นิยาม และวงจรของการสืบเสาะ พบว่า กระบวนการการสืบเสาะเป็นฐานเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่นิยมใช้ในหลักการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ในงานวิจัยนานาชาติ ที่พัฒนาการจัดการสอนเหตุผลหนึ่งที่ส่งผลให้เกิดประสบความสำเร็จอย่างมีนัยสำคัญในการพัฒนาทักษะการสอน คือการใช้กระบวนการสืบเสาะ การเรียนรู้โดยใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ การเรียนรู้แบบสืบเสาะถูกจัดการหรือแบ่งขั้นตอนของการสืบเสาะในลักษณะของวงจร แต่อย่างไรก็ตาม คุณสมบัติหลักของการสืบเสาะคือการพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ ผลการศึกษางานวิจัยพบว่า ขั้นตอนการสืบเสาะโดยทั่วไปมี 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นตอนดังนี้ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน(ปฐมนิเทศ) ขั้นให้แนวความคิด ขั้นตรวจสอบ ขั้นลงข้อสรุป และขั้นวิเคราะห์อภิปราย บางครั้งก็จะถูกแบ่งออกเป็นขั้นย่อย เช่นใน ขั้นของแนวคิดจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ขั้นย่อย คือการตั้งคำถามและการตั้งสมมติฐาน และในขั้นตรวจสอบจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ขั้นย่อย คือขั้นสำรวจหรือทดลองซึ่งนำไปสู่การตีความข้อมูล และการอภิปราย แบ่งเป็น 2 ขั้นย่อยคือการสะท้อนคิดและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน ลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะนิยมจบด้วยขั้นการสรุปผล และการอภิปรายซึ่งหมายรวมถึงการสะท้อนคิดและการมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกัน ศักยภาพที่ถูกแสดงออก ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ สามารถเกิดขึ้นได้ทุกขั้นตอน เนื่องจาก การปฏิบัติ และการอภิปราย

Duran (2016) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐานที่มีผลต่อทักษะการคิดวิเคราะห์อย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียน ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีกลุ่มทดลองกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนจำนวน 90 คน ผู้วิจัยการประเมินถึงผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐานที่มีผลต่อทักษะการคิดวิเคราะห์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการในงานวิจัยชิ้นนี้ใช้การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง ในการออกแบบการทดลอง และนำมาประยุกต์ใช้พบว่า การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ส่งเสริมการใช้กิจกรรม ในการพัฒนา

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน มีผลต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนอย่างมีนัยสำคัญ

Caswell (2017) ศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่มีผลต่อเจตคติของผู้เรียน ในงานวิจัยนี้ทำการศึกษากับผู้เรียนระดับปริญญาตรีปีที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน สร้างบรรยากาศในชั้นเรียนมีกระบวนการการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง รายงานพบว่า ผู้เรียนมีการเพิ่มทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ระดับสูงขึ้นและมีแรงจูงใจและความสนใจ ให้ความร่วมมือโดยการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนมากขึ้นและมีความรู้ที่คงทนในเนื้อหาเกี่ยวกับรายวิชาคณิตศาสตร์ การสืบเสาะเป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาแนวคิดความเข้าใจ ได้ใช้ประสบการณ์ ทำให้ผู้เรียนมีความมั่นใจในวิชาคณิตศาสตร์สูงขึ้นและเกิดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสืบเสาะ

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศข้างต้น สรุปได้ว่ากระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน มีกิจกรรมการเขียนวิทยาศาสตร์ เป็นกิจกรรมหลักนักเรียนมีการจัดกลุ่มแบบคละ ความสามารถเพื่อช่วยพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียนทั้งในเรื่องความเข้าใจมโนทัศน์ และการเปลี่ยนมโนทัศน์ อีกทั้งยังสามารถประยุกต์ความรู้พื้นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ต่างในธรรมชาติ ด้วยการสร้างข้อสรุปและโต้แย้งคำอธิบายโดยมีเหตุผลและหลักฐานที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 3

ระเบียบวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเคมี เรื่องสมบัติของสาร ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 โรงเรียนวิทยาศาสตร์สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 จังหวัดปทุมธานี โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้

3.1 สำรวจบริบทและสภาพทั่วไปของโรงเรียน

3.2 รูปแบบการวิจัย

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.5 วิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

3.1 สำรวจบริบทและสภาพทั่วไปของโรงเรียน

3.1.1 บริบทของโรงเรียน

โรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 4 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน ในจังหวัดปทุมธานี เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ที่เน้นการสอนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 แบบสหศึกษา มีจำนวนนักเรียน 720 คน ทุกห้องเรียนเป็นห้องเรียนวิทยาศาสตร์ มีแหล่งเรียนรู้ภายในโรงเรียน ได้แก่ ห้องสมุด ห้องคอมพิวเตอร์ ห้องบรรยาย ห้องโครงงาน ห้องสะเต็มศึกษา และห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.1.2 บริบทของประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มประชากรคือนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 6 ห้องเรียน เป็นนักเรียนแผนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ได้รับการสอบคัดเลือกหลายขั้นตอนร่วมกับโรงเรียนในเครืออีก 12 โรงเรียนทั่วประเทศ จัดห้องเรียนโดยคละความสามารถของผู้เรียน ทำให้นักเรียนในแต่ละห้องมีบริบทที่คล้ายคลึงกัน ห้อง 1 และ ห้อง 2 มีจำนวนนักเรียนห้องละ 25 คน ห้อง 3 ถึง ห้อง 6 มีจำนวนนักเรียนห้องละ 24 คน ซึ่งเรียนวิชาเคมี ว30221 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์แห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 จังหวัดปทุมธานี

กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้อง ได้แก่ ห้อง ม.4/1 และม.4/2 จำนวนนักเรียนรวม 50 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) ซึ่งเรียนวิชาเคมี ว30221 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์แห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 4 จังหวัดปทุมธานี

3.1.3 สภาพห้องเรียน

ภายในห้องเรียนประกอบด้วย กระดานไวท์บอร์ด และโพรเจกเตอร์ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีความพร้อมและเพียงพอต่อจำนวนนักเรียนในด้านอุปกรณ์เครื่องมือ

3.2 รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาเคมี เรื่องสมบัติของสาร ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เป็นการวิจัยแบบผสมผสานเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988 อ้างถึงในจีระวรรณ เกษสิงห์, 2562, น.23-24) มีกระบวนการ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นวางแผน (Plan) 2) ขั้นปฏิบัติการ (Act) 3) ขั้นสังเกตผล (Observe) และ 4) ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) โดยแต่ละขั้นตอนจะดำเนินการต่อเนื่องกันไปเป็นวงจรที่เรียกว่า PAOR โดยแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan)

การสำรวจปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนและผู้สอนรายวิชาเคมีในปีการศึกษาที่ผ่านมา เพื่อทราบปัญหาที่ต้องการแก้ไขและแยกแยะรายละเอียดของปัญหา หาแนวทางในการแก้ปัญหา และพิจารถึงความเหมาะสมของวิธีการจัดการเรียนรู้กับทักษะที่ต้องการพัฒนาหรือปัญหาที่ต้องการแก้ไขว่าเหมาะสมและสอดคล้องกับบริบทของนักเรียนและโรงเรียนอย่างไร โดยผู้วิจัยเลือกวิธีแก้ปัญหาโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ในเรื่องสมบัติของสาร จากหลักสูตรสถานศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้วิจัยวางแผนการจัดการเรียนรู้ และวางแผนและสร้างเครื่องมือวิจัยโดยผู้วิจัยนำผลการศึกษาปัญหาสาเหตุและแนวทางการแก้ไขมาใช้ในการวางแผนการทำเครื่องมือการวิจัยปฏิบัติการโดยค้นคว้าเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน เอกสารความรู้เรื่องสมบัติของสาร วิธีการออกแบบการจัดการเรียนรู้ การสร้างเครื่องมือเพื่อสะท้อนผล การปฏิบัติงานแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความสอดคล้องเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือและปรับปรุงคุณภาพของเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ผู้วิจัยสำรวจปัญหาที่ต้องการแก้ไข ในการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2) วิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษารายวิชาเคมี เรื่อง สมบัติของสาร ที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้

3) ศึกษาเอกสารและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

4) ศึกษาและสร้างเครื่องมือในการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย

4.1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) จำนวน 4 แผน แบ่งเป็น 4 วงจร คือ วงจรที่ 1 ปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 วงจรที่ 2 ปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 วงจรที่ 3 ปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 วงจรที่ 4 ปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

4.2) แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะข้อสอบเขียนอธิบายคำตอบจำนวน 8 ข้อ โดยครอบคลุมเนื้อหาสาระเรื่องสมบัติของสารและวัดองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนสร้างตามแนวคิด McNeill and Krajcik (2008) ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ (Act)

ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้ โดยระหว่างทำการสอนจะ มีครูพี่เลี้ยงช่วยสังเกตการสอน เพื่อช่วยให้เก็บข้อมูลได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น เมื่อจบการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยนำผลการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ แล้วนำไปปรับใช้ในแผนถัดไป ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ของ Bybee (2006 อ้างถึงใน ทัศตริน วรรณเกตุศิริ,2561 น.12-15) ในรายวิชาเคมี ว 30221 เรื่องสมบัติของสาร โดยมีลำดับขั้นการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ซึ่งมีรายละเอียดแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ผู้สอนสร้างความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นให้แก่ผู้เรียนโดยใช้คำถามสำคัญ และสร้างความท้าทายให้ผู้เรียนคิดในสถานการณ์ที่ผู้สอนนำเสนอ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถตั้งคำถามในประเด็นที่สนใจหรือสงสัยได้ ผู้สอนควรใช้กิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดถึงสิ่งที่กำลังจะเรียนรู้ ผู้เรียนจะเกิดความสนใจเกี่ยวกับเนื้อหา กระบวนการ หรือทักษะที่กำลังจะได้เรียน รวมถึงระบุความรู้พื้นฐานความรู้เดิมด้วยการทบทวนหรือล้วงความรู้จากประสบการณ์เดิม และแนวคิดคลาดเคลื่อนของผู้เรียน

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสำรวจตรวจสอบ หรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมสำรวจและค้นหาจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ด้วยการลงมือปฏิบัติทดลอง การศึกษาวิดีทัศน์ หรือการใช้กิจกรรมที่จัดไว้ตามกำหนดเวลาที่เหมาะสม ผู้เรียนจะมีการรวบรวมหลักฐานและข้อมูล บันทึกข้อมูล หรืออาจมีการทำงานเป็นกลุ่ม เพื่อให้ผู้เรียนนำข้อมูลและประจักษ์พยานมาลงข้อสรุปหาคำตอบของคำถามหรือสร้างคำอธิบายของคำถามที่ตั้งไว้ โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ และสังเกตการทำงานของผู้เรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนอธิบายการแก้ไขปัญหา หรือตอบคำถามต่างๆ โดยนำข้อสรุปที่ได้จากการสำรวจและการค้นหามาตอบคำถามสำคัญ และอธิบายนำเสนอเพื่อร่วมกันสร้างความเข้าใจมโนทัศน์หรือทักษะที่ถูกต้องและสามารถนำความองค์ความรู้ไปใช้ต่อในขั้นต่อไปได้ ด้วยการใช้กิจกรรมหรือคำถามเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คาดเคลื่อนเชื่อมโยงความเป็นเหตุเป็นผล พัฒนาความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดและความหมายหรือคำนิยามศัพท์โดยผู้สอนสามารถให้รายละเอียดแนะนำคำศัพท์และสนับสนุนให้ผู้เรียนอธิบายมโนทัศน์และคำนิยามด้วยตนเอง

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและร่วมกันแก้ไขปัญหาที่ได้รับ โดยนำทักษะหรือความรู้ความเข้าใจมโนทัศน์ที่ถูกต้องมาใช้กับสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์จริง ผ่านกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนได้ร่วมกันอภิปรายถึงแนวทางการ

แก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและครอบคลุมมากขึ้น และเพื่อฝึกทักษะของผู้เรียนให้ชำนาญมากยิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนประเมินตนเองระหว่างเรียนในแต่ละขั้น ประเมินกระบวนการการทำงานของตนเองเกี่ยวกับความรู้ ความสามารถ และทักษะเพื่อให้ทราบว่าตนเองมีความรู้ความสามารถอยู่ในระดับใด รวมถึงการประเมินสรุปในช่วงท้ายของขั้นขยายความรู้ทำให้ทราบถึงแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้ของตนเอง นอกจากนี้ยังรวมถึงการที่ผู้สอนประเมินและวัดความสามารถของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ของการเรียนผ่านการให้ผลป้อนกลับโดยการทดสอบคำศัพท์หรือข้อเท็จจริงที่ได้จากการศึกษากระบวนการการทำงานของผู้เรียนและผลงานของผู้เรียนด้วยการตรวจสอบผู้เรียนว่ามีความเข้าใจในแนวคิดหรือมีความสามารถประยุกต์ใช้แนวคิด

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกตการณ์ปฏิบัติ (Observe)

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยขณะดำเนินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้และใช้เครื่องมือที่ได้ออกแบบวางแผน รวมระยะเวลาเป็น 14 คาบเรียน สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นด้วยความสามารถของผู้วิจัย ซึ่งจะสังเกตทั้งสิ่งที่คาดหวังจะ ให้เกิดและสิ่งที่ไม่คาดหวัง โดยอาศัยเครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติการในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือแบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐานของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

การประเมินและตรวจสอบกระบวนการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น วิเคราะห์ วิจารณ์ อภิปราย เพื่อหาสาเหตุของปัญหาโดยผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จาก แบบบันทึกการจัดการเรียนรู้ของผู้วิจัย อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน การทำใบกิจกรรม แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นข้อมูลสะท้อนผลการปฏิบัติ โดยนำผลการวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาจัดทำข้อสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการปฏิบัติ และปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไปร่วมกับการสะท้อนผลการปฏิบัติงานเมื่อจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น

3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองปฏิบัติ

3.3.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เรื่องสมบัติของสาร จำนวน 4 แผน ในเวลาในการสอน 14 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

3.3.2 เครื่องมือที่ใช้สะท้อนผลการปฏิบัติ มีดังนี้

3.3.2.1 แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย

3.3.2.2 อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

3.3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลวิจัย มีดังนี้

3.3.3.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.4 การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ดังนี้

3.4.1.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) การวิจัยเชิงปฏิบัติการ และการพัฒนาการความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

3.4.1.2 ศึกษาทฤษฎี เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ศึกษาธรรมชาติและลักษณะเฉพาะของวิทยาศาสตร์ วินัยทัศน์ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้ และมาตรฐานการเรียนวิชาเคมี หน่วยการเรียนรู้รายวิชาเรื่องสมบัติของสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

3.4.1.3 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา จุดมุ่งหมายของหลักสูตร ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และขอบข่ายของเนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

3.4.1.4 ศึกษารายละเอียดเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้จากเอกสารประกอบการเรียน ว30221 และแบบเรียนสาระการเรียนรู้วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสมบัติของสาร

3.4.1.5 วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้จากเนื้อหาที่เลือกใช้ในการทำวิจัย

3.4.1.6 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เพื่อการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 4 แผน ในเวลาในการสอน 14 คาบเรียน ดังนี้

ตารางที่ 3.1 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องสมบัติของสารและจำนวนคาบต่อแผนการจัดการเรียนรู้

แผนลำดับที่	สาระที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	จำนวนคาบ
1	-วิวัฒนาการของการสร้างตารางธาตุ -แนวโน้มของสมบัติตามตารางธาตุ	2 คาบ
2	-สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block -ปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block	4 คาบ
3	-สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block -ปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	4 คาบ
4	-สมบัติทางกายภาพของธาตุกลุ่ม d-block -ปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block	4 คาบ

โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration)

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

ขั้นที่ 5 ขั้นการประเมิน (Evaluation)

3.4.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และครูพี่เลี้ยงตรวจสอบพิจารณาในด้านความตรงตามผลการเรียนรู้ ความตรงด้านเนื้อหาและในด้าน

ความเหมาะสมของการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (5E) เพื่อการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสาร

3.4.1.8 ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาและครูเลี้ยงแล้วนำไปใช้ในการปฏิบัติการวิจัย

3.4.2 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการสะท้อนผลการทดลอง

3.4.2.1 แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย

(1) ทบทวนรายละเอียดสิ่งที่ต้องการบันทึกในการทำการวิจัยเพื่อใช้ในการตรวจสอบหาแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

(2) นำแบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยเพื่อทดสอบหัวข้อที่ต้องการแก้ไขหรือเพิ่มเติม

(3) ดำเนินการแก้ไขแบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยตามคำแนะนำ

(4) นำแบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา อีกครั้งเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

3.4.2.2 อนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียน

(1) ทบทวนรายละเอียดสิ่งที่ต้องการทราบ จากนักเรียนในการทำการวิจัยเพื่อตรวจสอบหาแนวทางปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบเป็นฐาน (5E)

(2) นำแบบอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยเพื่อทดสอบหัวข้อ ที่ต้องการแก้ไขหรือเพิ่มเติม

(3) ดำเนินการแก้ไขอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนตามคำแนะนำ

(4) นำอนุทินสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาอีกครั้งเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเรียบร้อย

3.4.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการทดลอง

3.4.3.1 แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งในการเขียนอธิบายจะต้องระบุข้อกล่าวอ้างจาก

หลักฐานที่นักเรียนทำการสำรวจตรวจสอบหรือสังเกตและเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างกับหลักฐานด้วยเหตุผลซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างโดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

(1) ศึกษาและวิเคราะห์มาตรฐานตัวชี้วัดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง 2560 เรื่องสมบัติของสารและศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาเรื่องสมบัติของสาร ศึกษาและประเมินผลการเรียนรู้รายวิชาเคมี เพื่อกำหนดขอบข่ายในการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้สอดคล้องกับหลักสูตร

(2) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

(3) วิเคราะห์คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเคมี เรื่องสมบัติของสาร แล้วออกแบบกรอบเนื้อหาที่สอนโดยผู้วิจัยสร้างแบบวัดจำนวน 10 ข้อ โดยการคัดเลือกสาระเพื่อที่จะสร้างแบบวัดนั้นผู้วิจัยพิจารณาจากสาระที่เหมาะสมกับวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนมีการระบุหลักฐาน และให้เหตุผล สนับสนุนคำตอบ

(4) สร้างแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยมีลักษณะเป็นข้อสอบข้อเขียนให้เขียนอธิบายคำตอบจำนวน 10 ข้อ ในแต่ละข้อจะประกอบด้วยสถานการณ์ข้อมูลประกอบ และข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

(5) ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยมีขั้นตอนคือ

นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างเสร็จแล้วไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องของสถานการณ์และข้อมูลประกอบรวมทั้งลักษณะของการใช้ภาษานำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา

นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาไปให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความชัดเจนและความเหมาะสมของภาษาในการวัดจากนั้นคัดเลือกและประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้เชี่ยวชาญ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 และปรับปรุงแบบวัดตามคำแนะนำ

หลังผ่านการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่าแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสาร มีค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00 จำนวน 8 ข้อ จากทั้งหมด 10 ข้อ

นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและอาจารย์ที่ปรึกษาไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 30 คนเพื่อสอบถามนักเรียนในเรื่องของความชัดเจนในการใช้ภาษาสื่อความหมาย และเพื่อตรวจสอบค่าความยากง่าย (p) พบว่ามีค่าตั้งแต่ 0.42-0.61 ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.63 และค่าความเชื่อมั่นโดยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.80

นำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงและแก้ไขแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้งก่อนนำไปใช้จริงในการวิจัยกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.5 วิธีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) วิชาเคมี เรื่อง สมบัติของสาร ซึ่งมีขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังต่อไปนี้

1) แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน ก่อนจัดการเรียนการสอน

2) ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอน 14 คาบเรียน โดยทำการรวบรวมข้อมูลระหว่างการสอนจากทุกแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยเครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติการ ได้แก่ ได้แก่ เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และพฤติกรรมของผู้เรียน นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อนำไปใช้ในวงจรต่อไป

3) การประเมินประสิทธิภาพของรูปแบบ โดยทำการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากนั้นจึงนำข้อมูลไปวิเคราะห์ สรุปผล และแปรผลข้อมูลต่อไป

3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดย

1) หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนรวมและคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นำผลคะแนนไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อแปลผลเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งคะแนนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ควรปรับปรุง (0-12 คะแนน) พอใช้ (13-24 คะแนน) ดี (25-36 คะแนน) และดีมาก (37-48 คะแนน) ซึ่งคะแนนแต่ละช่วงเป็นคะแนนรวมจากทุกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

2) หาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด

3) ทดสอบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน กับเกณฑ์ที่ร้อยละ 50 ด้วยสถิติ t-test แบบ One Sample

4) ทดสอบหาค่าความแตกต่างของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน ด้วยสถิติ t-test แบบ Dependent Sample กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5) วิเคราะห์เชิงเนื้อหาเพื่อนำข้อมูลเชิงคุณภาพมาวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพื่อยืนยันข้อมูลที่ได้จากแบบวัด

3.6.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต

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

เมื่อ $\overline{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

3.6.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

X แทน คะแนน

$\sum x$ แทน ผลรวมของของคะแนน

3.6.3 สถิติ t-test แบบ Dependent sample

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความต่างระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

n แทน จำนวนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.6.4 คะแนนพัฒนาการ (Normalize Gain Score)

$$\text{Normalize Gain Score } < g > = \frac{(\%\ \text{Posttest}) - (\%\text{Pretest})}{100 - (\%\text{Pretest})}$$

เมื่อ <g> แทน คะแนนพัฒนาการ

% Pretest แทน ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนก่อนสอบ

%Posttest แทน ค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนหลังสอบ

โดยแบ่งระดับคะแนนพัฒนาการ (Normalize Gain Score) เป็นกลุ่มได้สามระดับ ดังนี้

“High gain” มีค่า <g> มากกว่าหรือเท่ากับ 0.7

“Medium gain” มีค่า <g> อยู่ในช่วง 0.7 ถึง 0.3

“Low gain” มีค่า <g> อยู่ในช่วง 0.3 ถึง 0.0

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

นำข้อมูลที่ได้จากการสะท้อนผลปฏิบัติการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน เรื่อง สมบัติของสาร จากเครื่องมือสะท้อนผลปฏิบัติการมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพโดยรวบรวมตีความ สรุปผลวิเคราะห์ผลรายงานในลักษณะของการเขียนบรรยายเพื่อพิจารณา การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐานที่มีผลต่อการพัฒนาทักษะการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเชิงปฏิบัติการเรื่องการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลผลการวิจัยโดยมีลำดับดังนี้

4.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

4.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามกรอบแนวคิดของ Kemmis and Mc Taggart ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอน 4 ขั้นตอน ตามลำดับต่อไปนี้ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นการปฏิบัติ (Act) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผล (Reflect) โดยแต่ละขั้นจะดำเนินการต่อเนื่องไปเป็นวงจรที่เรียกว่า วงจร PAOR รวมทั้งสิ้น 4 วงจร 4 แผนการจัดการเรียนรู้ เป็นระยะเวลา 14 คาบเรียน ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้สืบเสาะค้นหาความรู้ และอธิบายข้อสรุปโดยเชื่อมโยงองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งการทำกิจกรรมกลุ่มเพื่อให้เกิดการเรียนรู้แบบร่วมมือและเกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ ซึ่งแตกต่างกันออกไปตามเนื้อหาของบทเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลผ่านแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน ร่วมกับใบกิจกรรม รายงานผลการทดลอง ใบความรู้ และการสังเกตการตอบคำถามของนักเรียนในห้องเรียนในรูปแบบของการออกมาเขียนตอบหน้ากระดาน อภิปราย หรืออธิบายให้เพื่อนร่วมชั้นฟังในประเด็นคำถามต่างๆระหว่างการจัดการเรียนรู้ โดยผู้วิจัยมีการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ตามวงจร PAOR

ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียน ผลการเก็บข้อมูลพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในระดับพอใช้ (13-24 คะแนน) โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 13.02 คะแนน ประกอบการสังเกตการณ์เขียนอธิบาย อภิปรายสรุปผลรายงานผลการทดลองของนักเรียน และสอบถามอาจารย์ผู้สอนรายวิชาเคมีในเทอม 1 ปีการศึกษา 2562 พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีลักษณะการเขียนอธิบายเป็นข้อสรุปสั้นๆ ไม่มีการแสดงหลักฐานที่เป็นผลการทดลอง หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ประกอบ และเขียนในลักษณะวกวน ขาดความรู้พื้นฐานที่สำคัญทางเคมี เช่น การอ่านชื่อสารไม่ถูกต้อง เขียนชื่อธาตุไม่ได้ จดจำธาตุที่สำคัญในตารางธาตุไม่ได้ทำให้จำหมู่และจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่ได้ บางคนขาดความมั่นใจในการเขียนข้อสรุปหากไม่แน่ใจว่าเป็นคำตอบที่ถูกต้องจะไม่เขียนข้อสรุป และในด้านการทำงานกลุ่ม นักเรียนมักรวมกลุ่มซ้ำเดิมไม่ค่อยเปลี่ยนกลุ่มทำให้เสียโอกาสในการแลกเปลี่ยนความรู้ใหม่กับเพื่อนร่วมห้องคนอื่นๆ

4.1.1 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องวิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยออกแบบการจัดการเรียนรู้เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุเป็นเวลา 2 คาบเรียนซึ่งเป็นคาบคู่ คาบเรียนละ 50 นาที โดยมีจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา คือ นักเรียนสามารถอธิบายวิวัฒนาการของตารางธาตุในแต่ละยุคได้โดยใช้ข้อมูล หรือประจักษ์พยานของตารางธาตุในแต่ละยุคสมัยได้ ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะของธาตุเรพรีเซนเททีฟพร้อมทั้งสามารถอธิบายและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก ระดับพลังงานย่อยได้เมื่อทราบเลขอะตอม และสามารถวิเคราะห์ และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรพรีเซนเททีฟตามหมู่ตามคาบได้ โดยลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ: ผู้วิจัยใช้แอพพลิเคชัน Spin The Wheel Random Picker เพื่อให้นักเรียนแบ่งปันและแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน จากนั้นจึงนำเข้าสู่เนื้อหาเรื่อง วิวัฒนาการของตารางธาตุของนักวิทยาศาสตร์ 4 ท่าน โดยใช้ Time Line Story

ขั้นสำรวจและค้นหา : ผู้วิจัยใช้เกมเปิดแผ่นป้ายซึ่งประกอบด้วยคำถาม 6 คำถาม เพื่อให้นักเรียนตอบคำถาม ทดสอบและตรวจสอบแนวคิดของตนเองเกี่ยวกับการจัดเรียงอิเล็กตรอนโดยไม่ใช้ตารางธาตุ แต่สามารถสืบค้นวิธีการจัดเรียงอิเล็กตรอนและการพิจารณาสมบัติความเป็นแม่เหล็กของธาตุได้จากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เช่น อินเตอร์เน็ต เอกสารประกอบรายวิชาเคมี รหัส

ว30221 สมบัติของสาร และให้นักเรียนวิเคราะห์ในประเด็นของธาตุที่มีขนาดอะตอมแตกต่างกัน โดยใช้การเปรียบเทียบกับวัตถุทรงกลม 3 ชนิดที่มีความแตกต่างกันได้แก่ ลูกปิงปอง ลูกเทนนิส และลูกบอล โดยให้นักเรียนแสดงข้อมูลหลักฐานประกอบ เช่นข้อมูลการจัดเรียงอิเล็กตรอน หรือข้อมูลขนาดอะตอมของธาตุจากแหล่งข้อมูล

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป: ผู้วิจัยใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนอธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลให้ขนาดอะตอมของธาตุต่างๆ มีขนาดแตกต่างกัน ผู้วิจัยขอตัวแทนนักเรียนออกมาวาดภาพจำลองอะตอมของธาตุ ซึ่งแสดงให้เห็นการจัดเรียงตัวของนิวเคลียสและวงเวเลนซ์อิเล็กตรอนเพื่อเสริมมโนทัศน์ให้แก่นักเรียน และให้นักเรียนร่วมกันลงข้อสรุปแนวโน้มขนาดของอะตอมตามหมู่ตามคาบ จากความรู้เรื่องปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดอะตอม

ขั้นขยายความรู้: ผู้วิจัยให้นักเรียนลงข้อสรุปแนวโน้มสมบัติตามตารางธาตุในประเด็นอื่นๆ ได้แก่ค่าพลังงานไอออไนเซชัน (Ionization Energy: IE) ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตี (Electronegativity: EN) สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน (Electron Affinity: EA) จุดเดือดจุดหลอมเหลว โดยผู้วิจัยเป็นผู้บอกนิยามของแต่ละพลังงานที่แตกต่างกัน โดยใช้การวาดภาพประกอบการบรรยาย

ขั้นประเมินผล: ผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม และให้นักเรียนประเมินตนเองโดยใช้อนุทินสะท้อนคิด เขียนตาราง K (นักเรียนรู้อะไรบ้าง) W (สิ่งที่นักเรียนต้องการรู้) และ L (สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้) และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ (Act) ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ที่ได้จัดทำไว้ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของครูพี่เลี้ยง และอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นเวลา 2 คาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) ในขณะที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน, เก็บภาพขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสังเกตพฤติกรรมขณะจัดการเรียนการสอนของตนเอง ผ่านการทำกิจกรรม แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน ซึ่งได้ผลการจัดกิจกรรมดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
1.ขั้นสร้างความสนใจ	-ครูใช้แอพพลิเคชัน Spin The	-นักเรียนแสดงความตื่นเต้นเมื่อ

ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
1.ขั้นสร้างความสนใจ (ต่อ)	Wheel Random Picker เพื่อให้นักเรียนแบ่งปันและแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน เช่น 1.นักเรียนคิดว่าตารางธาตุมีประโยชน์อย่างไร 2.หากใช้เกณฑ์ที่ต่างกันในการจับกลุ่มนักเรียนคิดว่าจะได้ผลลัพธ์เหมือนหรือต่างกัน -ครูชี้แจงและยกตัวอย่างการใช้ตารางธาตุหรือเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้เรื่องตารางธาตุ -ครูใช้ Time Line Story ลำดับวิวัฒนาการของตารางธาตุในแต่ละยุคของนักวิทยาศาสตร์ 4 ท่าน -ครูให้ความรู้เกี่ยวกับ Periodic Law เพิ่มเติมและวิธีการอ่านชื่อธาตุ-การใช้สัญลักษณ์ของธาตุที่มีเลขอะตอมมากกว่า 100 ตามระบบ IUPAC ก่อนจะเปลี่ยนมาใช้ชื่อใหม่	ต้องมีการสุ่มโดยแอพพลิเคชันที่ใช้มีลักษณะเป็นการหมุนวงล้อ และมีเสียงประกอบทำให้นักเรียนให้ความสนใจ -เมื่อครูใช้คำถามกับนักเรียนคนที่ถูกสุ่มให้ความร่วมมือในการตอบอย่างดีซึ่งในบางคำถามมีเพื่อนร่วมห้องช่วยตอบ โดยมีคำตอบที่หลากหลายและมีบางคนแสดงความคิดเห็นว่าตารางธาตุอาจมีประโยชน์แค่ในวิชาเคมี -นักเรียนให้ความสนใจกับ การใช้ Time Line Story เพราะบางส่วนของเนื้อหานักเรียนไม่เคยทราบมาก่อน และนักเรียนบางคนรู้สึกคุ้นในชื่อของนักวิทยาศาสตร์บางท่านจึงทำให้เกิดความสนใจในการเรียนรู้ ทั้งนี้เมื่อดำเนินเรื่องมาถึงยุคของ Henry Mosely ซึ่งเป็นรูปแบบของตารางธาตุที่ใช้ในปัจจุบันทำให้นักเรียนบางส่วนให้ความสนใจน้อยลงเพราะรู้ข้อมูลมาก่อนแล้ว

ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
2.ขั้นสำรวจและค้นหา	-ครูใช้เกมเปิดแผ่นป้ายซึ่งประกอบด้วยคำถาม 6 คำถาม เพิ่มให้นักเรียนสืบค้นเพื่อทบทวนการจัดเรียงอิเล็กตรอนและชี้แนะการพิจารณาสมบัติความเป็นแม่เหล็กของธาตุ -ครูใช้การเปรียบเทียบวัตถุทรงกลม 3 ชนิดกับขนาดอะตอมของธาตุโดยให้นักเรียนแสดงข้อมูลหลักฐานประกอบ เช่น ข้อมูลการจัดเรียงอิเล็กตรอนหรือข้อมูลขนาดอะตอมของธาตุจากแหล่งข้อมูล	-นักเรียนแต่ละคนตั้งใจในการจัดเรียงอิเล็กตรอนโดยเคารพกติกาในการทำกิจกรรมโดยไม่เปิดดูตารางธาตุ พบว่านักเรียนแต่ละคนมีพื้นฐานความรู้แตกต่างกันทำให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมไม่เท่ากัน คนที่เสร็จก่อนจึงต้องรอเพื่อนนานอาจทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อ -เมื่อนักเรียนเปิดแผ่นป้ายคำถามพบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถตอบคำถามหลังแผ่นป้ายได้ถูกต้อง 5 ข้อ จาก 6 ข้อ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่ดีพอสมควรและมีพื้นฐานทางเคมีที่จำเป็นต้องใช้ในการเรียนรู้ และเมื่อครูใช้คำถามต่อไปว่านักเรียนพิจารณาหรือใช้ข้อมูลใดมาลงข้อสรุป นักเรียนจึงตอบว่าสังเกตจากการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุแต่ละตัวตามโจทย์ ว่าข้อใดสอดคล้องกับคำถาม แต่ข้อที่นักเรียนส่วนใหญ่ตอบไม่ได้คือการพิจารณาสมบัติความ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
2.ขั้นสำรวจและค้นหา (ต่อ)		เป็นแม่เหล็ก เนื่องจากเป็นเนื้อหาใหม่ที่นักเรียนไม่เคยรู้มาก่อน -นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เรื่องการจัดเรียงอิเล็กตรอนนำมาอธิบายถึงขนาดของอะตอมโดยใช้การเปรียบเทียบได้ถูกต้อง
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	-ครูใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนอธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลให้ขนาดอะตอมของธาตุต่างๆมีขนาดแตกต่างกัน จากนั้นครูจึงอธิบายแนวคิดเพิ่มเติมเพื่อเสริมความรู้ รวมทั้งเน้นย้ำความรู้แก่นักเรียนซ้ำอีกครั้ง -ครูขอตัวแทนนักเรียนออกมาวาดภาพจำลองอะตอมของธาตุต่างๆซึ่งแสดงให้เห็นการจัดเรียงตัวของนิวเคลียสและวงเวเลนซ์อิเล็กตรอน และลงข้อสรุปแนวโน้มในประเด็นนี้ร่วมกันตามหมู่ ตามคาบ -ครูทดลองให้นักเรียนลองจัดเรียงลำดับขนาดของธาตุที่กำหนดให้จำนวน 8 ธาตุเพื่อให้	-เมื่อร่วมกันพิจารณาถึงปัจจัยที่ส่งผลขนาดอะตอมนักเรียนส่วนใหญ่ระบุเพียงปัจจัยเดียวคือการพิจารณาจากเลขควอนตัมของอะตอมหลัก (n) ซึ่งยังขาดปัจจัยของค่า ประจุนิวเคลียสสุทธิ (Z_{eff}) -เมื่อขอตัวแทนนักเรียนออกมาช่วยวาดภาพจำลองการจัดเรียงของธาตุเพื่อเปรียบเทียบขนาดอะตอมและแสดงให้เห็นถึงอิทธิพลของปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดอะตอม ในตอนแรกนักเรียนมีความประหม่าที่จะออกมาหน้าชั้นเรียน แต่เมื่อมีเพื่อนเสนอชื่อจึงลุกออกมาเป็นอาสาสมัคร

ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ต่อ)	นักเรียนร่วมกันอธิบายแนวคิดถึงในการตอบคำถาม	-นักเรียนสามารถจัดเรียงลำดับขนาดอะตอมของธาตุได้ถูกต้องและเชื่อมโยงแนวคิดในการอธิบายคำตอบได้ถูกต้องว่าพิจารณาจากปัจจัยใดในกรณีที่ธาตุอยู่ในหมู่เดียวหรือคาบเดียวกัน
4.ขั้นขยายความรู้	-ครูให้นักเรียนลงข้อสรุปแนวโน้มสมบัติตามตารางธาตุในประเด็นอื่นๆ ได้แก่ค่า IE, EN, EA จุดเดือดจุดหลอมเหลว	-เมื่อนักเรียนเข้าใจนิยามของค่าพลังงานต่างๆแล้วพบว่านักเรียนสามารถลงข้อสรุปแนวโน้มได้ถูกต้อง แต่สำหรับแนวโน้มของจุดเดือดจุดหลอมเหลวนั้น นักเรียนหลายคนยังมีความสับสนเพราะต้องพิจารณาในประเด็นของแรงยึดเหนี่ยวของพันธะโลหะกับแรงเวนเดอวาลล์ก่อนจะลงข้อสรุปแนวโน้มของพลังงานต่างๆ
5.ขั้นประเมินผล	-ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติม และเขียนตาราง KWL สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 -ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจลักษณะของการเขียน KWL	-นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดทบทวนได้ถูกต้องเมื่อครูให้จัดเพื่อเปรียบเทียบขนาดอะตอมในลักษณะของคู่อะตอม คู่ไอออน หรือคู่อะตอมกับไอออน และมีความพยายามในการลองตั้งโจทย์เพื่อให้ครู

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.1 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
5.ขั้นประเมินผล (ต่อ)		อธิบายเพิ่มเติม -เมื่อให้นักเรียนเขียนอนุทินสะท้อนคิดในตอนแรกนักเรียนไม่เข้าใจวิธีการเขียนในแต่ละประเด็นของการเขียน KWL ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจในการเขียนและพบว่า 1.นักเรียนยังมีความสงสัยเกี่ยวกับข้อยกเว้นของธาตุบางตัวในการศึกษาแนวโน้มค่า IE, EA 2. นักเรียนอยากได้เทคนิควิธีการจำแนวโน้มให้แม่นยำและอยากให้ใช้ความรู้เรื่องประโยชน์ของธาตุในชีวิตประจำวันมาช่วยเชื่อมโยงความคิด และอยากเรียนรู้สมบัติ และปฏิกิริยาของธาตุเพิ่มเติม

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยสะท้อนผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านแบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับอะตอม และตารางธาตุในเชิงลึกอย่างละเอียด ได้เรียนรู้ที่มาและเห็นถึงความสัมพันธ์ของธาตุตามหมู่ตามคาบจากการจัดเรียงอิเล็กตรอน ทำให้มีความเข้าใจมากขึ้น และนักเรียนชื่นชมสื่อ Power Point ว่ามีความสวยงามทำให้เนื้อหาที่สอนน่าสนใจ นักเรียนชอบที่

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

อาจารย์พยายามที่จะอธิบายเพื่อให้นักเรียนเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น และนักเรียนอยากให้มีเกมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่หลากหลาย นอกจากนี้นักเรียนได้เขียนระบุปัญหาที่พบว่า มีนักเรียนบางส่วนแสดงความคิดเห็นว่าถึงแม้จะเคยเรียนเนื้อหาเกี่ยวกับตารางธาตุมาบ้างแล้วบางส่วนในเทอม 1 แต่ยังไม่ละเอียดและลึกเท่าเทอม 2 ทำให้มีนักเรียนบางส่วนตามเนื้อหาไม่ทัน หรือคิดโจทย์ไม่ทันเพื่อน ดังนั้นจึงต้องการการสอนปูพื้นฐานในบางประเด็นใหม่ อยากให้ครูมีการใช้สื่อวีดิโอมากขึ้นเพื่อให้เห็นภาพและจดจำได้มากขึ้น และสามารถกลับมาดูทบทวนซ้ำได้ และนักเรียนอยากให้ครูพูดช้าลง โดยผู้วิจัยได้สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้และแนวทางการแก้ไขดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ และแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แนวทางการแก้ไข
1) เนื่องจากคำบางคำคล้ายกันทำให้นักเรียนเกิดความสับสน	-ครูพยายามอธิบายเน้นย้ำเพื่อให้นักเรียนเห็นความแตกต่างของนิยามค่าพลังงานต่างๆ วาดภาพเพื่อเสริมความเข้าใจและควรให้สื่อวิดีโอเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้แก่นักเรียนทำให้สามารถสามารถกลับมาทบทวนให้ได้
2) ครูอธิบายให้กับเฉพาะคนที่ถาม ซึ่งคำถามที่เพื่อนถามก็เป็นสิ่งที่นักเรียนกำลังสงสัยเช่นกัน	-ครูควรทวนคำถามจากนักเรียนให้ทั้งห้องได้ทราบเพื่ออธิบายซ้ำอีกครั้งและพยายามเดินดูให้ทั่วห้องเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนที่นั่งแถวหลังได้สอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติม
3) นักเรียนจำตารางธาตุไม่ได้ ลืมเนื้อหาส่วนที่เป็นพื้นฐานบางอย่างทำให้นักเรียนติดตามเนื้อหาในชั้นเรียนไม่ทันเนื่องจากเชื่อมโยงความรู้ไม่ได้ และนักเรียนส่วนใหญ่ต้องการให้ทบทวนพื้นฐานสำคัญให้ก่อนเริ่มเนื้อหาใหม่	-ครูควรทบทวนเนื้อหาสำคัญหรือพื้นฐานสำคัญที่ต้องใช้ในการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรมแต่ละขั้นเพื่อให้นักเรียนจดจำและสามารถเรียนรู้ได้เท่าทันกัน ให้กำลังใจนักเรียนและเปิดโอกาสให้นักเรียนเข้ามาถามข้อสงสัยนอกเวลาเรียนได้ -ครูควรให้เวลานักเรียนในการคิด วิเคราะห์โดยไม่เร่งขอคำตอบ เพราะอาจทำให้นักเรียนรู้สึกกดดันและทำให้คิดแก้ปัญหาโจทย์ไม่ได้

ตารางที่ 4.2 สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ และแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	แนวทางการแก้ไข
4) เนื้อหาในสื่อ Power Point บางประเด็นไม่มีในหนังสือและเรียงลำดับเนื้อหาไม่ตรงกันทำให้นักเรียนต้องเสียเวลาในการเปิดหนังสือติดตามเนื้อหา	-ครูควรเตรียมตรวจสอบเนื้อหาในสื่อ Power Point ว่าตรงกับเลขหน้าใดในเอกสารประกอบการเรียน เรื่องสมบัติของสาร และบอกเลขหน้าให้นักเรียนทราบตลอดเมื่อมีการสลับลำดับเนื้อหา
5) นักเรียนจดเนื้อหาเพิ่มเติมในบางประเด็นไม่ทัน อยากให้ครูรอเวลาให้นักเรียนเขียนให้เสร็จก่อน	-ครูควรให้เวลานักเรียนในการจดข้อมูลเพิ่มเติมที่นอกเหนือจากเอกสารประกอบการเรียน พยายามสังเกตและสอบถามนักเรียนว่าพร้อมจะเรียนรู้ในเนื้อหาต่อไปแล้วหรือยัง
6) ครูพูดเร็วและเสียงเบาไปในบางช่วง ทำให้ไม่ได้ยินและฟังไม่ทัน	-ครูควรพูดให้ช้าลงและออกเสียงให้ดังมากขึ้น และพยายามเดินให้ทั่วห้องเพื่อกระจายเสียง

4.1.2 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยออกแบบการจัดการเรียนรู้เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block เป็นเวลา 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยมีจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา คือ นักเรียนสามารถวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมี และทำการทดลองศึกษาสมบัติของธาตุและสารประกอบในกลุ่ม s-block ได้ และนักเรียนสามารถวิเคราะห์เพื่ออธิบายแนวโน้มสมบัติตามหมู่และคาบของธาตุกลุ่ม s-block ได้ โดยลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ: ผู้วิจัยใช้ใบกิจกรรมเรื่อง ธาตุและสารประกอบออกไซด์และคลอไรด์ของธาตุเรพรีเซนเททีฟในคาบที่ 2 และ 3 ซึ่งมีลักษณะเป็นตารางให้นักเรียนเติมคำตอบในช่องว่างเป็นสูตรสารประกอบที่กำหนดให้ เพื่อให้ตรวจสอบ และทบทวนความเข้าใจของนักเรียนในเรื่อง การเขียนสูตรสารประกอบไอออนิกและสารประกอบโคเวเลนต์ โดยใช้ความรู้เรื่อง

แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุในวงจรที่ 1 โดยเมื่อนักเรียนเขียนเสร็จ ผู้วิจัยได้มอบหมายให้นักเรียนเขียนระบุสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารประกอบที่นักเรียนทราบสมบัติให้มากที่สุด หรืออาจใช้การคาดคะเนเพื่อทำนายสมบัติร่วมด้วย จากนั้นผู้วิจัยจึงนำอภิปรายเรื่องการพิจารณาสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารประกอบ โดยยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการเขียนสูตรสารประกอบให้นักเรียน เพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกัน และเป็นการปูพื้นฐานให้กับนักเรียนบางส่วนที่ยังประสบปัญหาเกี่ยวกับการเขียนสูตรสารประกอบ

ขั้นสำรวจและค้นหา : ผู้วิจัยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มจำนวน 3-4 คนเพื่อจับฉลากหัวข้อในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุตามหมู่ในกลุ่ม s-block นั่นคือ หมู่ 1A, 2A โดยกำหนดให้นักเรียนคิดกิจกรรมการนำเสนอของแต่ละกลุ่มได้อย่างอิสระ ประกอบการทำ Presentation เพื่อนำเสนอในรูปแบบของ Power Point กลุ่มละ 10-15 นาที และกำหนดให้นักเรียนเตรียมตัวเพื่อการถามตอบในประเด็นต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่กลุ่มได้รับผิดชอบ

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป: ผู้วิจัยให้นักเรียนออกมานำเสนอข้อมูลและอธิบายสมบัติของธาตุแต่ละตัวตามหมู่ที่กลุ่มรับผิดชอบ พร้อมทั้งเตรียมกิจกรรมมาเพื่อแบ่งปันความรู้ร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน และให้กลุ่มที่นำเสนอเลือกธาตุที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในหมู่นั้นๆ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ จากนั้นผู้วิจัยจึงให้นักเรียนที่ไม่ได้นำเสนอถามคำถามในประเด็นต่างๆ หรือข้อสงสัยในข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับธาตุในกลุ่ม s-block

ขั้นขยายความรู้: ผู้วิจัยได้สรุปความรู้ในประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุให้กลุ่ม s-block ให้นักเรียนอีกครั้ง และให้นักเรียนจับกลุ่ม 3-4 คนโดยไม่ซ้ำเดิมเพื่อทำปฏิบัติการทดลอง 2 การทดลองที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา และความสามารถในการละลายน้ำของโลหะในหมู่ 1A, 2A (ธาตุกลุ่ม s-block) เพื่อให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ตรง ช่วยเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของธาตุในกลุ่ม s-block ให้มีมากยิ่งขึ้น

ขั้นประเมินผล: ผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยให้นักเรียนทำ Quiz ก่อนการทดลอง, การเขียนบันทึกรายงานผลการทดลอง, แบบฝึกหัดทบทวนเรื่อง ธาตุกลุ่ม s-block และให้นักเรียนประเมินตนเองโดยใช้อนุทินสะท้อนคิด เขียนตาราง KWL และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ (Act) ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ที่ได้จัดทำไว้ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของครูพี่เลี้ยง และอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นเวลา 4 คาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) ในขณะที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน, เก็บภาพขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสังเกตพฤติกรรมขณะจัดการเรียนการสอนของตนเอง ผ่านการทำกิจกรรม แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน ซึ่งได้ผลการจัดกิจกรรมดังนี้

ตารางที่ 4.3 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
1.ขั้นสร้างความสนใจ	-ครูใช้ใบกิจกรรมเรื่อง ธาตุและสารประกอบออกไซด์และคลอไรด์ของธาตุเรพรีเซนเททีฟในคาบที่ 2 และ 3 จากนั้นให้ลองปรึกษากับเพื่อนร่วมห้องที่นั่งใกล้กัน -ครูอธิบายตารางใบกิจกรรมว่าประกอบด้วยธาตุใดบ้าง แต่ละธาตุอยู่ในหมู่ใดและมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่าใด ยกตัวอย่างการเขียนสูตรของสารประกอบไอออนิก เช่น $NaCl$, $MgCl_2$ -ครูมอบหมายให้นักเรียนเขียนระบุสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารประกอบที่นักเรียนทราบสมบัติให้มากที่สุด หรืออาจใช้การคาดคะเนเพื่อทำนายสมบัติร่วมด้วย จากนั้นครูจึงนำอภิปรายการพิจารณาสมบัติ	-นักเรียนส่วนใหญ่มีความตั้งใจและมีความพยายามในการเขียนสูตรสารประกอบออกไซด์และสารประกอบคลอไรด์ แต่ยังมีนักเรียน 1-2 คนหลับและไม่ทำกิจกรรมในตอนแรก ครูจึงเข้าไปปลุกและสอบถามพบว่านักเรียนไม่รู้ว่าจะเริ่มต้นเขียนได้อย่างไรเพราะจำธาตุและจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุไม่ได้ -เมื่อครูบอกให้นักเรียนสามารถปรึกษาเพื่อนร่วมห้องได้ นักเรียนมีความผ่อนคลายมากขึ้นและนักเรียนมีการแบ่งปันความรู้พยายามช่วยอธิบายซึ่งกันและกัน -เมื่อครูกำหนดให้นักเรียนระบุสมบัติความเป็นกรด-เบส พบว่านักเรียนลงข้อสรุปได้

ตารางที่ 4.3 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
1.ขั้นสร้างความสนใจ (ต่อ)	ความเป็นกรด-เบสของสารประกอบโดยยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งสรุปแนวคิดเกี่ยวกับการเขียนสูตรสารประกอบให้นักเรียนเพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันและเป็นการปูพื้นฐานให้ความรู้เกี่ยวกับสารประกอบออกไซด์บางตัวที่มีสมบัติเป็นแอมโฟเทอริก	เฉพาะสารประกอบที่รู้สมบัติมาก่อนแล้ว และเมื่อให้ทำนายพบว่านักเรียนบางคนเดาคำตอบเลย แต่มีนักเรียนบางคนลองตอบตามแนวโน้มของธาตุตามสบัติความเป็นโลหะและอโลหะ และนักเรียนส่วนใหญ่เว้นคำตอบไว้สำหรับช่องที่ไม่ทราบคำตอบหรือไม่แน่ใจในคำตอบ -เมื่อครูให้ความรู้ในการพิจารณาโดยยกตัวอย่างสมการเคมีของสารประกอบออกไซด์และคลอไรด์ นักเรียนสามารถสังเกตและตอบได้จากปฏิกิริยาว่าต้องพิจารณาจากการเกิดเป็นสารประกอบที่มี OH^- ทำให้มีสมบัติเป็นเบส และหากผลิตภัณฑ์เป็น H^+, H_3O^+ ทำให้มีสมบัติเป็นกรด และนักเรียนสามารถลงข้อสรุปได้จากการสังเกตปฏิกิริยาได้ถูกต้อง
2.ขั้นสำรวจและค้นหา	-แบ่งกลุ่มจำนวน 3-4 คนเพื่อจับฉลากหัวข้อในการสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทาง	-นักเรียนมีการแบ่งหน้าที่ในการทำงาน สำหรับบางกลุ่มมีความชัดเจนมากคือแต่ละคน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.3 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
2.ขั้นสำรวจและค้นหา (ต่อ)	กายภาพและเคมีของธาตุตามหมู่ในกลุ่ม s-block นั่นคือ หมู่ 1A, 2A โดยกำหนดให้นักเรียนคิดกิจกรรมการนำเสนอของแต่ละกลุ่มได้อย่างอิสระประกอบการทำ Presentation เพื่อนำเสนอในรูปแบบของ Power Point -ครูให้คำปรึกษาช่วยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนสืบค้นมาจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ	รับผิดชอบข้อมูลธาตุ 2-3 ตัว แล้วนำมารวมรวมกัน แต่สำหรับบางกลุ่มพบว่ายังไม่ค่อยมีการกระจายงาน -นักเรียนมีความพยายามในการคิดกิจกรรมประกอบการนำเสนอ ปรึกษาครูว่าสามารถทำกิจกรรมอย่างไรได้บ้าง -นักเรียนบางกลุ่มได้เข้ามาปรึกษาความถูกต้องของข้อมูลอันเป็นข้อมูลที่ไม่แน่นอนหรือไม่แน่ใจว่าควรเลือกใช้ข้อมูลใดเพื่อนำเสนอให้แก่เพื่อน
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	-ครูให้นักเรียนออกมานำเสนอข้อมูลและอธิบายสมบัติของธาตุแต่ละตัวตามหมู่ที่กลุ่มรับผิดชอบ พร้อมทั้งเตรียมกิจกรรมมาเพื่อแบ่งปันความรู้ร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน และให้กลุ่มที่นำเสนอเลือกธาตุที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในหมู่นั้นๆ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ จากนั้นผู้วิจัยจึงให้นักเรียนที่ไม่ได้นำเสนอถามคำถามใน	-นักเรียนในกลุ่มที่รับผิดชอบแต่ธาตุสามารถนำเสนอข้อมูลธาตุได้ถูกต้อง บางกลุ่มมีการยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีประกอบ ทำให้เนื้อหาครบถ้วนสมบูรณ์ตามข้อตกลงการทำ Presentation แต่บางกลุ่มยังขาดการนำเสนอการยกตัวอย่างปฏิกิริยา -นักเรียนเกือบทุกกลุ่มไม่ตรวจสอบการเขียนสูตร

ตารางที่ 4.3 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ต่อ)	ประเด็นต่างๆ หรือข้อสงสัยในข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับธาตุในกลุ่ม s-block	สารประกอบเทียบกับการใช้ตัวยก ตัวห้อยทำให้เขียนสูตรสารประกอบผิด -มีนักเรียนเพียง 1-2 กลุ่มจาก 4 กลุ่มที่มีการใช้สื่อวิดีโอที่เสริมความเข้าใจ และมีกิจกรรมให้เพื่อนร่วมชั้นร่วมสนุก เช่น Speedy Quiz -นักเรียนกลุ่มที่นำเสนอส่วนใหญ่มีการเตรียมความพร้อมในการตอบคำถามของเพื่อนโดยสามารถตอบตามประเด็นคำถามได้ -ในช่วงการตอบคำถามท้ายการนำเสนอ นักเรียนบางกลุ่มเริ่มการใช้การเขียนอธิบาย วาดภาพประกอบการอธิบายเพิ่มตอบข้อสงสัยของเพื่อนร่วมชั้น มีความพยายามเขียนสมการเคมีประกอบการอธิบาย -นักเรียนบางกลุ่มที่ไม่นำเสนอให้ความสนใจ ไม่มากเท่าที่ควร ครูจึงตักเตือนและควบคุมนักเรียนให้ตั้งใจและสนใจมากขึ้น และนักเรียนมี

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.3 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ต่อ)		การใช้คำถามกว้างเกินไปโดยบางคำถามอาจไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาเคมี
4.ขั้นขยายความรู้	-ครูให้นักเรียนจับกลุ่ม 3-4 คน โดยไม่ซ้ำเดิมเพื่อทำปฏิบัติการ 2 การทดลองที่มีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา และความสามารถในการละลายน้ำของโลหะในหมู่ 1A, 2A (ธาตุกลุ่ม s-block)	-ในการทำการทดลอง นักเรียนให้ความสนใจอย่างมาก ตั้งใจและพยายามทำความเข้าใจวิธีการทดลอง เพราะเป็นปฏิกิริยาที่สามารถลุกติดไฟได้ บางกลุ่มขอทำการทดลองซ้ำเพื่ออัดวิดีโอ -นักเรียนพยายามปฏิบัติตามกฎของการทำปฏิบัติการเพราะครูได้แจ้งข้อควรปฏิบัติและข้อควรระวังในการทำปฏิกิริยา แต่ก็ยังมีนักเรียนบางกลุ่มที่เล่นกันในห้องปฏิบัติการครูจึงต้องตักเตือนทันที
5.ขั้นประเมินผล	-ครูให้นักเรียนทำ Quiz ก่อนการทดลอง, การเขียนบันทึกรายงานผลการทดลอง, แบบฝึกหัดทบทวนเรื่อง ธาตุกลุ่ม s-block และให้นักเรียนเขียนตาราง KWL และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	-นักเรียนตั้งใจทำ Quiz ก่อนการทดลองแต่ยังมีนักเรียนเขียนแสดงปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับน้ำไม่ถูกต้องในเรื่องต่อไปนี้ 1.นักเรียนเขียน Li (s) เป็น Li^{+}(s) ซึ่งไม่ถูกต้อง 2.ระบุผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.3 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
5.ขั้นประเมินผล (ต่อ)		ไม่ถูกต้องทำให้การดุลสมการผิดไปด้วย 3.นักเรียนยังสับสนถึงความแตกต่างระหว่างการเขียนสมการโมเลกุล และการเขียนสมการไอออนสุทธิ -นักเรียนเขียนบันทึกผลการทดลองและเขียนสมการได้ถูกต้องมากขึ้น ส่วนแบบฝึกหัดทบทวนท้ายบทเรียนยังคงมีนักเรียนบางคนเขียนผิดอยู่ ครูจึงอธิบายซ้ำเพื่อเน้นย้ำให้นักเรียนเข้าใจถูกต้องตรงกันอีกครั้ง

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยสะท้อนผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านแบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับธาตุในกลุ่ม s-block มากขึ้น ทราบถึงประวัติความเป็นมาของธาตุแต่ละตัว ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับธาตุด้วยตนเอง และรู้คุณสมบัติแต่ละธาตุใน s-block ได้ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาของธาตุในหมู่ต่างๆ นักเรียนชอบที่อาจารย์สนใจนักเรียนและมักสอบถามตลอดคาบเรียนเพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน และนักเรียนรู้สึกสนุกกับการเรียนเคมีมากขึ้น นอกจากนี้นักเรียนได้เขียนระบุปัญหาที่พบว่า นักเรียนคิดว่าเนื้อหายากและค่อนข้างมาก นักเรียนยังมีความสับสนอยู่บ้างเกี่ยวกับความรู้ที่อาจารย์เพิ่มเติมให้ เพราะอาจารย์พูดเร็วทำให้รู้สึกอึดอัดในบ้างครั้งแต่เมื่อสอบถามอาจารย์ก็มักได้คำตอบจึงไม่มีปัญหาในการติดตามเนื้อหา นักเรียนอยากให้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

เพื่อนร่วมห้องมีความกระตือรือร้นมากขึ้น โดยผู้วิจัยได้สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้และแนวทางการแก้ไขดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block และแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	แนวทางการแก้ไข
1) ขณะที่กลุ่มที่รับผิดชอบนำเสนอข้อมูลกำลังนำเสนอจะมีนักเรียนบางคนพูดคุย และส่งเสียงซึ่งอาจรบกวนนักเรียนคนอื่นๆในห้องเรียน	-ครูควรกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยเน้นย้ำให้นักเรียนจดบันทึกข้อมูลความรู้เพิ่มเติมโดยอาจให้กลุ่มนำเสนอทำชีท/ใบความรู้สรุปให้เพื่อนกลุ่มอื่นๆ เพื่อใช้สำหรับจดบันทึกและสามารถนำมาใช้อ่านทบทวนได้ -ครูตักเตือนและควบคุมชั้นเรียนมากขึ้น
2) นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเนื้อหาเยอะทำให้จำไม่ได้จึงต้องการให้ครูเน้นย้ำและชี้แนะสิ่งที่ช่วยความจำหรือทำความเข้าใจ	-ครูเน้นย้ำเนื้อหาที่สำคัญเกี่ยวกับสมบัติของธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของธาตุหมู่ 1A, 2A บ่อยๆให้นักเรียนสามารถกลับไปทบทวนได้ตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้
3) จากการสืบค้นข้อมูลของนักเรียนพบว่าธาตุบางตัวมีข้อมูลบางอย่างไม่ชัดเจน	-ครูควรติดตาม ชี้แนะและช่วยตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล รวมถึงตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่นักเรียนนำเสนอ
4) นักเรียนอยากให้มีการเพิ่มเวลาในการนำเสนอให้มากขึ้นเพื่อให้กลุ่มที่รับผิดชอบนำเสนอข้อมูลมีเวลาในการอธิบายรายละเอียดมากขึ้น	-ครูควรเพิ่มระยะเวลาในการนำเสนอและทำกิจกรรมที่แต่ละกลุ่มเตรียมมาให้มากขึ้นอีก 3-5 นาที และช่วยสรุปแนวคิดในบางประเด็นคำถามเพื่อลดระยะเวลา
5) ครูพบว่าในการถาม-ตอบคำถามของนักเรียนนั้นบางคำถามอาจไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและกว้างเกินไป	-ครูควรเริ่มต้นกิจกรรมการตอบคำถามโดยใช้คำถามจากครูก่อนเพื่อให้นักเรียนในกลุ่มต่างๆ ใช้เป็นแนวทางในการถามคำถาม หรือหากมีบางคำถามที่กว้างเกินไป ครูควรชี้แจงให้นักเรียนทราบและอาจให้มีการเปลี่ยนคำถาม

ตารางที่ 4.4 สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block และแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	แนวทางการแก้ไข
6) อุปกรณ์เชื่อมต่อสายโปรเจคเตอร์และลำโพงไม่สามารถใช้ได้ในบางครั้ง	-ครูควรตรวจสอบอุปกรณ์ก่อนเริ่มการจัดการเรียนการสอน เตรียมอุปกรณ์เช่น ลำโพงไร้สายเพื่อสำรองใช้ หรือหากมีการใช้เสียงและวีดิโออาจใช้ในรูปแบบของ QR Code หรือส่ง link ให้กับนักเรียนแทน

4.1.3 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยออกแบบการจัดการเรียนรู้เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block เป็นเวลา 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยมีจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา คือ นักเรียนสามารถวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมี และทำการทดลองศึกษาสมบัติของธาตุและสารประกอบในกลุ่ม p-block ได้ และนักเรียนสามารถวิเคราะห์เพื่ออธิบายแนวโน้มสมบัติตามหมู่และคาบของธาตุกลุ่ม p-block ได้ โดยลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ: ผู้วิจัยใช้เกมระเบิดเพื่อสุ่มกลุ่มที่ต้องนำเสนอสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุในกลุ่ม p-block ได้แก่ ธาตุหมู่ 3A-8A หรือ หมู่ 13-18 ตามระบบ IUPAC โดยในการทำกิจกรรมขั้นนี้ ผู้วิจัยให้นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่จัดไว้เพื่อการนำเสนอ ให้แต่ละกลุ่มส่งก้อนกระดาษทรงกลมไปเรื่อยๆจนกว่าจะเกิดสัญญาณระเบิด โดยใช้เวลารอบละประมาณ 3-5 วินาที หากก้อนกระดาษไปตกอยู่ที่กลุ่มใด กลุ่มนั้นจะเป็นกลุ่มที่ต้องนำเสนอ ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้กิจกรรมนี้ในการสุ่มกลุ่มในลำดับถัดไปด้วย เพื่อทำให้นักเรียนได้รับการกระตุ้นอยู่ตลอดการทำกิจกรรมและเกิดความพร้อมในการเรียน เสริมแรงดึงดูดให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในกิจกรรมขั้นต่อๆไป

ขั้นสำรวจและค้นหา : ผู้วิจัยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มจำนวน 3-4 คน สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุตามหมู่ในกลุ่ม p-block นั่นคือ หมู่ 3A-8A โดยกำหนดให้นักเรียนคิดกิจกรรมการนำเสนอของแต่ละกลุ่มได้อย่างอิสระ ประกอบการทำ

Presentation เพื่อนำเสนอในรูปแบบของ Power Point กลุ่มละ 10-15 นาที พร้อมทั้งทำใบสรุปความรู้จากข้อมูลที่สืบค้นและนำเสนอในกิจกรรม ชีท โชว์ แชร์ โดยผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนเตรียมตัวเพื่อการถามตอบประเด็นต่างๆที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่กลุ่มได้รับผิดชอบ

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป: ผู้วิจัยให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลและอธิบายสมบัติของธาตุแต่ละตัวตามหมู่ที่กลุ่มรับผิดชอบ โดยเตรียมกิจกรรมมาเพื่อแบ่งปันความรู้ร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน จากนั้นผู้วิจัยจึงให้นักเรียนในกลุ่มที่ไม่ได้นำเสนอถามคำถามในประเด็นต่างๆ หรือข้อสงสัยในข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับธาตุในกลุ่ม p-block และให้กลุ่มที่นำเสนอเลือกธาตุในหมู่ที่รับผิดชอบว่าธาตุใดเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในหมู่นั้นๆ พร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

ขั้นขยายความรู้: ผู้วิจัยได้สรุปความรู้ในประเด็นสำคัญที่เกี่ยวข้องกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุให้กลุ่ม p-block ให้นักเรียนอีกครั้ง ผู้วิจัยให้นักเรียนศึกษาการทำปฏิกิริยาของธาตุหมู่ 7A เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์ หรือการเกิดปฏิกิริยาแทนที่โดยให้นักเรียนสแกน QR code วิดีโอแอนิเมชันจำลองการเกิดปฏิกิริยา รวมกับการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ ชื่อกิจกรรม B1 and B2 โดยมีลักษณะการทำกิจกรรมดังนี้ นักเรียนที่เป็น B1 เป็นคนตั้งคำถามเป็นสมการแสดงปฏิกิริยาแทนที่ แล้วให้นักเรียนที่เป็น B2 เป็นผู้เขียนคำตอบที่แสดงถึงการอธิบายเหตุผลประกอบต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆเป็นคู่บนกระดานหน้าชั้นเรียน ตามความสมัครใจ เพื่อให้เพื่อนร่วมห้องพิจารณาไปพร้อมๆกัน

ขั้นประเมินผล: ผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยสังเกตการตอบคำถามของนักเรียนในการ Presentation การเขียนเหตุผลประกอบการอธิบายตามโจทย์ที่กำหนดให้ และให้นักเรียนประเมินตนเองโดยใช้อนุทินสะท้อนคิด เขียนตาราง KWL และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ (Action) ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ที่ได้จัดทำไว้ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของครูพี่เลี้ยง และอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นเวลา 4 คาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) ในขณะที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน เก็บภาพขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสังเกตพฤติกรรมขณะจัดการเรียนการสอนของตนเอง ผ่านการทำกิจกรรม แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน ซึ่งได้ผลการจัดกิจกรรมดังนี้

ตารางที่ 4.5 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
1.ขั้นสร้างความสนใจ	-ครูใช้เกมระเบิดเพื่อสุ่มกลุ่มที่ต้องนำเสนอสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุในกลุ่ม p-block ได้แก่ ธาตุหมู่ 3A-8A หรือ หมู่ 13-18 ตามระบบ IUPAC โดยในการทำกิจกรรมขั้นนี้ผู้วิจัยให้นักเรียนนั่งตามกลุ่มที่จัดไว้เพื่อการนำเสนอ ให้แต่ละกลุ่มส่งก้อนกระดาษทรงกลมไปเรื่อยๆ จนกว่าจะเกิดสัญญาณระเบิด โดยใช้เวลารอบละประมาณ 3-5 วินาที	-นักเรียนรู้สึกตื่นเต้นและแปลกใหม่จึงเป็นการกระตุ้นนักเรียนได้ดีทำให้ทุกกลุ่มต้องมีการเตรียมความพร้อมมาทุกกลุ่มก่อนการนำเสนอ แต่ในตอนแรกนักเรียนยังมีความสับสนในกติกาเล็กน้อย
2.ขั้นสำรวจและค้นหา	-ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มจำนวน 3-4 คน สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุตามหมู่ในกลุ่ม p-block นั่นคือ หมู่ 3A-8A โดยกำหนดให้นักเรียนคิดกิจกรรมการนำเสนอของแต่ละกลุ่มได้อย่างอิสระ ประกอบการทำ Presentation เพื่อนำเสนอในรูปแบบของ Power Point กลุ่มละ 10-15 นาที พร้อมทั้งทำใบสรุปความรู้จากข้อมูลที่สืบค้น	-นักเรียนแบ่งหน้าที่ในการทำงานชัดเจนมากขึ้น -นักเรียนมีความพยายามในการคิดกิจกรรมประกอบการนำเสนอ ที่มีความหลากหลายมากขึ้นและมีการเตรียมความพร้อมในการทำกิจกรรม -นักเรียนเข้ามาปรึกษาความถูกต้องของข้อมูลมากขึ้น -นักเรียนทำใบสรุปความรู้จากข้อมูลที่สืบค้นและนำเสนอในกิจกรรม ชีท โชว์ แชร์ ได้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.5 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
2.ขั้นสำรวจและค้นหา (ต่อ)	และนำเสนอในกิจกรรม ชีทโชว์แชร์	สวยงาม มีบางกลุ่มทำออกมาในรูปแบบการ์ดที่สามารถสแกน QR code เพื่อแชร์ข้อมูลได้น่าสนใจ และบางกลุ่มใช้วิธีการถ่ายรูปส่งให้เพื่อนร่วมชั้นทางไลน์กลุ่มทำให้นักเรียนกลุ่มที่ฟังการนำเสนอสามารถติดตามเนื้อหาและสะดวกในการจดบันทึกมากขึ้น ใช้เป็นเอกสารประกอบสำหรับการทบทวนได้
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	-ครูให้นักเรียนนำเสนอข้อมูลและอธิบายสมบัติของธาตุแต่ละตัวตามหมู่ที่รับผิดชอบและเตรียมกิจกรรมเพื่อแบ่งปันความรู้ร่วมกับเพื่อนในห้องเรียน จากนั้นครูจึงให้นักเรียนในกลุ่มที่ไม่ได้นำเสนอถามคำถามในประเด็นต่างๆ หรือข้อสงสัยในข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับธาตุในกลุ่ม p-block และให้กลุ่มที่นำเสนอเลือกธาตุในหมู่ที่รับผิดชอบว่าธาตุใดเป็นธาตุที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในหมู่นั้นๆ พร้อม	-นักเรียนกลุ่มที่รับผิดชอบเฉพาะธาตุสามารถนำเสนอข้อมูลธาตุได้ถูกต้อง มีการยกตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีประกอบมากขึ้นทำให้เนื้อหาครบถ้วนสมบูรณ์ตามข้อตกลงการทำ Presentation และมีการให้ Introduction ข้อมูลภาพรวมของธาตุแต่ละหมู่ มีการเตรียมข้อมูลสำหรับคำถามในเชิงการเปรียบเทียบแนวโน้มของธาตุตามหมู่ ตามคาบ มากขึ้น -ยังคงมีนักเรียนบางกลุ่มที่เขียนสูตรโมเลกุลผิดอยู่และมีการ

ตารางที่ 4.5 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ต่อ)	อธิบายเหตุผลประกอบ	แสดงข้อมูลการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุบางตัวผิดจาก p-block เป็น d-block -นักเรียนใช้กิจกรรมที่สนุกและมีความหลากหลายมากขึ้น เช่น กิจกรรม Role Play, เกมการ์ดทายสมบัติเด่นของธาตุแต่ละตัว แต่งเพลงสมบัติของธาตุ ทำให้เพื่อนร่วมห้องมีความกระตือรือร้นมากขึ้น -นักเรียนกลุ่มที่นำเสนอส่วนใหญ่มีการเตรียมความพร้อมในการตอบคำถามเพื่อนร่วมชั้น โดยสามารถตอบประเด็นคำถามได้ มีการเตรียมตัวอุปกรณ์เพื่อช่วยสืบค้นข้อมูล -นักเรียนมีความตั้งใจและสนใจมากขึ้นเมื่อมีการจดบันทึกโดยใช้ชีทหรือใบความรู้ที่เพื่อนกลุ่มนำเสนอได้แชร์ให้ ทำให้นักเรียนมีสมาธิในการเรียนรู้มากขึ้น
4.ขั้นขยายความรู้	-ครูให้นักเรียนศึกษาการทำปฏิกิริยาของธาตุหมู่ 7A ใน CCl_4 เพื่อทำความเข้าใจ	-นักเรียนสนใจกับสื่อวิดีโอที่ครูใช้และชอบรูปแบบการสแกน QR Code เพราะสามารถ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.5 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
4.ขั้นขยายความรู้ (ต่อ)	เกี่ยวกับความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์ หรือการเกิดปฏิกิริยาแทนที่โดยให้นักเรียนสแกน QR code วิดีโอแอนิเมชันจำลองการเกิดปฏิกิริยา รวมกับการใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือชื่อกิจกรรม B1 and B2	ดูในโทรศัพท์ส่วนตัวได้ แต่อาจต้องใช้ระยะเวลาในการรอนักเรียนเพิ่มขึ้น -เมื่อครูอธิบายเพิ่มเติมปฏิกิริยาโดยให้เทคนิคการจำทำให้นักเรียนรู้สึกสนุก และติดตามเนื้อหา และได้วิธีการจำ -ในขณะทำกิจกรรม B1 and B2 นักเรียนมีความกระตือรือร้นและกล้าแสดงออกมากขึ้น นักเรียนพยายามคิดโจทย์ที่ท้าทายเพื่อ นักเรียนสามารถเขียนอธิบายคำตอบได้ชัดเจน สามารถเขียนแสดงปฏิกิริยาเคมีได้ และสำหรับสมการที่ไม่เกิดปฏิกิริยาพบว่านักเรียนสามารถอธิบายโดยใช้ทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องมาอธิบายได้
5.ขั้นประเมินผล	-ครูสังเกตการตอบคำถามของนักเรียนในการ Presentation การเขียนเหตุผลประกอบการอธิบายตามโจทย์ที่กำหนดให้ และให้นักเรียนเขียนตาราง KWL และสะท้อนผลการ	-นักเรียนสามารถเขียนอธิบายปฏิกิริยาการแทนที่ได้ถูกต้อง -นักเรียนหลายกลุ่มสามารถตอบประเด็นคำถามได้ชัดเจนมีการใช้ข้อมูลประกอบการอธิบาย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.5 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
5.ขั้นประเมินผล (ต่อ)	จัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	-นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดหลังเรียนโดยระบุสมบัติของธาตุได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนเขียนสมการการแทนที่ไม่สมบูรณ์คือไม่มีการดุลสมการ

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยสะท้อนผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านแบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาที่เกี่ยวข้องของธาตุในกลุ่ม p-block มากขึ้น ทำให้รู้เอกลักษณ์ของธาตุแต่ละตัวในกลุ่ม p-block ได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับธาตุด้วยตนเอง และรู้คุณสมบัติของแต่ละธาตุในกลุ่ม p-block ขึ้น ได้ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาของธาตุในหมู่ต่างๆ ได้เรียนรู้สมบัติของธาตุหมู่ 7A (หมู่ 17) เพิ่มเติม การพิจารณาความแรงของกรดโดยพิจารณาพันธะระหว่าง อะตอม H กับธาตุในหมู่ 7 ได้แก่ F Cl Br และ I เรียนรู้ตัวอย่างธาตุหมู่ 8A (หมู่ 18) ที่สามารถเกิดสารประกอบได้ นอกจากนี้นักเรียนได้เขียนระบุปัญหาที่พบว่า นักเรียนไม่สามารถจำเนื้อหาทั้งหมดได้ เพื่อนบางกลุ่มทำไม่เต็มที่ทำให้บางส่วนของเนื้อหาน่าเบื่อ โดยผู้วิจัยได้สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้และแนวทางการแก้ไขดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block และแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	แนวทางการแก้ไข
1) นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเพื่อนบางกลุ่มนำเสนอได้ไม่ดี จึงทำให้รู้สึกเบื่อ	-ครูควรกระตุ้นนักเรียนและนัดแนะให้มาซ่อมการนำเสนอใหม่

ตารางที่ 4.6 สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block และแนวทางการแก้ไข (ต่อ)

ปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	แนวทางการแก้ไข
2) นักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าเนื้อหายากจึงทำให้เข้าใจได้ช้า และตามไม่ทัน	-ครูควรกระจายเนื้อหา การนำเสนอของบางกลุ่มไม่ให้มีเนื้อที่แสดงรายละเอียดมากเกินไป ส่วนเนื้อหาส่วนที่ยากควรใช้การอธิบายนักเรียนเพิ่มเติม
3) นักเรียนต้องการ โจทย์เพื่อทบทวนเนื้อหาเพิ่มมากขึ้น	-ครูควรเพิ่มโจทย์ให้นักเรียนฝึกในห้องให้มากขึ้นโดยหากนักเรียนยังมีข้อสงสัยจะได้ถามเพื่อนหรือครูได้ทันที
4) นักเรียนที่มักอาสาออกมาเขียนหรือตอบคำถาม มักเป็นนักเรียนกลุ่มเดิมซึ่งมีความมั่นใจและกล้าแสดงออก	-ครูควรกระจายโอกาสให้นักเรียนได้ออกมาร่วมกิจกรรมหน้าชั้นเรียนหมุนเวียนกันโดยอาจสร้างกติการ่วมกัน หรือใช้การสุ่ม

4.1.4 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block

ขั้นที่ 1 ขั้นวางแผน (Plan) ผู้วิจัยออกแบบการจัดการเรียนรู้เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block เป็นเวลา 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยมีจุดประสงค์ของแผนการจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรสถานศึกษา คือ นักเรียนสามารถวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ปฏิกิริยาเคมี ของธาตุและสารประกอบในกลุ่ม d-block หรือธาตุทรานซิชันและสามารถเปรียบเทียบสมบัติของธาตุทรานซิชัน (กลุ่ม d-block) กับธาตุเรพรีเซนเททีฟ (กลุ่ม s-block และ p-block) ได้ นักเรียนสามารถเขียนสูตร อ่านชื่อ เขียนโครงสร้าง แสดงไอโซเมอร์ของสารประกอบเชิงซ้อนของธาตุทรานซิชันได้ นักเรียนสามารถบรูณาการความรู้เรื่องการเกิดสีของสารประกอบเชิงซ้อนได้ และสามารถประยุกต์ความรู้เกี่ยวกับประโยชน์ของธาตุด้านต่างๆ ในชีวิตประจำวันโดยมีลำดับขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ:ผู้วิจัยใช้ตารางธาตุในการบอกตำแหน่งของธาตุทรานซิชัน และเน้นให้นักเรียนศึกษาการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุทรานซิชัน 10 ตัวแรกซึ่งอยู่ในแถวที่ 1 คาบ

ที่ 4 (กลุ่มธาตุ 3d) เปรียบเทียบกับการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ $_{19}K$, $_{20}Ca$ ซึ่งเป็นธาตุเรพรีเซนเททีฟในคาบที่ 4 และให้นักเรียนสังเกตหาความแตกต่างในการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุระหว่างธาตุเรพรีเซนเททีฟกับธาตุทรานซิชัน เพื่อร่วมกันลงข้อสรุปว่าความแตกต่างระหว่างธาตุทรานซิชันกับธาตุเรพรีเซนเททีฟมีผลมาจากความแตกต่างในการจัดเรียงอิเล็กตรอน และนำเข้าสู่เนื้อหาเกี่ยวกับสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุทรานซิชันซึ่งผู้วิจัยใช้ธาตุทรานซิชัน 10 ตัวแรกและธาตุ $_{19}K$, $_{20}Ca$ เป็นตัวแทนในการศึกษาโดยเริ่มต้นจากการศึกษาขนาดอะตอมของธาตุทรานซิชัน กับธาตุเรพรีเซนเททีฟ ผู้วิจัยใช้อาสาสมัครนักเรียนในการออกมาวาดรูปแสดงผล Z_{eff} จากการจัดเรียงอิเล็กตรอน (การกำบังของอิเล็กตรอนในชั้น 3d-orbital) และร่วมกันศึกษาสมบัติของธาตุทรานซิชันในประเด็นอื่นๆได้แก่ ความหนาแน่น จุดเดือดจุดหลอมเหลว แนวโน้มค่า IE, EN การเกิดสีที่แตกต่างกันของธาตุทรานซิชัน โดยใช้สื่อ Power Point และวิดีโอการเกิดปฏิกิริยาของโครเมียม (Cr) สมบัติความเป็นแม่เหล็ก และการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน ไอออนเชิงซ้อนของธาตุทรานซิชัน

ขั้นสำรวจและค้นหา : ผู้วิจัยให้นักเรียนจับกลุ่ม 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8-9 คนในการทำกิจกรรมโดยใช้ใบกิจกรรมการอ่านชื่อสารประกอบและไอออนเชิงซ้อนของธาตุทรานซิชัน การระบุเลขโคออร์ดิเนชัน การหาเลขออกซิเดชันของธาตุทรานซิชันและการเขียนสูตรสารประกอบเชิงซ้อน โดยกำหนดให้นักเรียนร่วมมือกันสืบค้นวิธีการอ่านชื่อสารประกอบและการเขียนสูตรสารประกอบร่วมกันภายในกลุ่ม โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนรายวิชาเคมี ว30221 สมบัติของสาร ซึ่งนักเรียนแต่ละคนภายในกลุ่มจะมีโจทย์ข้อที่ตนเองรับผิดชอบในการตอบและอธิบายแนวคิดในขั้นถัดไป โดยในแต่ละช่องคำตอบให้ระบุเลขที่ของนักเรียนผู้รับผิดชอบ

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป: ผู้วิจัยให้นักเรียนออกมาเขียนแสดงคำตอบบนกระดานตามลำดับข้อแต่ละข้อเพื่อเปรียบเทียบคำตอบในแต่ละกลุ่ม ประกอบการอธิบายแนวคิดในแต่ละข้อ จากนั้นจึงร่วมกันลงข้อสรุปวิธีการอ่านชื่อและการเขียนสูตรสารประกอบ การพิจารณาเลขโคออร์ดิเนชัน และเลขออกซิเดชันของอะตอมกลางร่วมกับการใช้สื่อ Power Point ของผู้วิจัยเพื่อเสริมความเข้าใจให้กับนักเรียนในประเด็นที่เป็นข้อยกเว้นต่างๆร่วมกัน และสรุปคะแนนโดยผู้วิจัยให้รางวัลแก่กลุ่มนักเรียนที่ทำคะแนนได้มากที่สุดเพื่อเสริมแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ จากนั้นผู้วิจัยได้ขออาสาสมัครนักเรียนในการวาดโครงสร้างของสารประกอบ/ไอออนเชิงซ้อนของธาตุทรานซิชันที่กำหนดให้เพื่อศึกษาเรื่องไอโซเมอร์ของสารประกอบโดยให้นักเรียนอธิบายถึงวิธีการสังเกตความแตกต่างของไอโซเมอร์แต่ละประเภท และใช้ใบกิจกรรมโจทย์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์และอธิบายการเกิดและความเป็นแม่เหล็กของสารประกอบ/ไอออนเชิงซ้อนของธาตุทรานซิชัน

ขั้นขยายความรู้: ผู้วิจัยใช้กิจกรรม ธาตุอะไร...ให้ทาย ? ซึ่งมีลักษณะเป็นเกม เป็นการเติมคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่างที่กำหนดให้ โดยผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มละ 3 คน จับฉลากคำใบ้ที่บ่งบอกคุณลักษณะสำคัญทางกายภาพและทางเคมีของธาตุ หรือบอกข้อมูลการนำธาตุดังกล่าวว่าไปใช้ประโยชน์อย่างไรในชีวิตประจำวัน ซึ่งผู้สอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลได้ทุกแหล่ง โดยผู้เรียนเป็นผู้เลือกใช้แหล่งข้อมูลต่างๆด้วยตนเอง เช่น การสืบค้นข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต หรือ เอกสารประกอบการเรียนที่ใช้ในรายวิชาเคมี ว30221 เพื่อนำมาสู่การลงข้อสรุปว่าธาตุคุณสมบัติดังกล่าวน่าจะเป็นคุณสมบัติของธาตุใดเพื่อเป็นการบรูณาการความรู้และประยุกต์ความรู้ประโยชน์ของธาตุด้านต่างๆในชีวิตประจำวัน และช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นถึงความสำคัญของการใช้ข้อมูล เพื่อนำมาเป็นหลักฐานหรือประจักษ์พยานว่ามีความสอดคล้องกับคำใบ้มากน้อยอย่างไร และเกิดการคิดวิเคราะห์ร่วมกันภายในกลุ่มเพื่อลงข้อสรุป

ขั้นประเมินผล: ผู้วิจัยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน โดยพิจารณาจากแบบฝึกหัดทบทวน ใบกิจกรรม การเขียนแสดงคำตอบบนกระดาษ การร่วมกันตอบคำถามในประเด็นต่างๆขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และให้นักเรียนประเมินตนเองโดยใช้อนุทินสะท้อนคิดเขียนตาราง KWL และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4

ขั้นที่ 2 ขั้นการปฏิบัติ (Act) ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ที่ได้จัดทำไว้ซึ่งผ่านการปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของครูพี่เลี้ยง และอาจารย์ที่ปรึกษา เป็นเวลา 4 คาบเรียน

ขั้นที่ 3 ขั้นสังเกต (Observe) ในขณะที่ผู้วิจัยดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเกตพฤติกรรมของนักเรียน เก็บภาพขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และสังเกตพฤติกรรมขณะจัดการเรียนการสอนของตนเอง ผ่านการทำกิจกรรม แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน ซึ่งได้ผลการจัดกิจกรรมดังนี้

ตารางที่ 4.7 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
1.ขั้นสร้างความสนใจ	-ครูใช้ตารางธาตุในการบอกตำแหน่งของธาตุทรานซิชันและเน้นให้นักเรียนศึกษาการ	-นักเรียนมีความตั้งใจและใช้เวลาในการจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุที่กำหนดให้น้อยลงแต่

ตารางที่ 4.7 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
1.ขั้นสร้างความสนใจ (ต่อ)	จัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุทรานซิชัน 10 ตัวแรกซึ่งอยู่ในแถวที่ 1 คาบที่ 4 (กลุ่มธาตุ 3d) เปรียบเทียบกับการจัดเรียงอิเล็กตรอนของ $_{19}K$, $_{20}Ca$ ซึ่งเป็นธาตุเรพรีเซนเททีฟ ในคาบที่ 4 และให้นักเรียนร่วมกันศึกษาขนาดอะตอมของธาตุทรานซิชัน กับธาตุเรพรีเซนเททีฟ ครูขออาสาสมัครนักเรียนในการออกมาวาดรูปแสดงผล Z_{eff} จากการจัดเรียงอิเล็กตรอน (การกำบังของอิเล็กตรอนในชั้น 3d-orbital) และร่วมกันศึกษาสมบัติของธาตุทรานซิชันในประเด็นอื่นๆ ได้แก่ ความหนาแน่น จุดเดือด จุดหลอมเหลว แนวโน้มค่า IE, EN การเกิดสีที่แตกต่างกันของธาตุทรานซิชัน โดยใช้สื่อ Power Point และวิดีโอการเกิดปฏิกิริยาของโครเมียม (Cr) สมบัติความเป็นแม่เหล็ก และการเกิดสารประกอบเชิงซ้อน	ยังมีบางคนจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุ Cr, Cu ผิดเล็กน้อย เนื่องจากลืมคำนึงถึงความเสถียรของการจัดเรียงอิเล็กตรอน -นักเรียนสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของธาตุเรพรีเซนเททีฟ กับธาตุทรานซิชันได้ -นักเรียนสนใจสื่อวิดีโอสาธิตการทำการทดลองศึกษาปฏิกิริยาของโครเมียมและสามารถร่วมกันสรุปปัจจัยที่เกี่ยวข้องได้

ตารางที่ 4.7 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
1.ขั้นสร้างความสนใจ (ต่อ)	ไอออนเชิงซ้อนของธาตุทรานซิชัน	
2.ขั้นสำรวจและค้นหา	-ครูให้นักเรียนจับกลุ่ม 3 กลุ่ม กลุ่มละ 8-9 คน ในการทำกิจกรรมโดยใช้ใบกิจกรรมการอ่านชื่อสารประกอบและไอออนเชิงซ้อนของธาตุทรานซิชัน การระบุเลขโคออร์ดิเนชัน การหาเลขออกซิเดชันของธาตุทรานซิชัน และการเขียนสูตรสารประกอบเชิงซ้อน โดยกำหนดให้นักเรียนร่วมมือกันสืบค้นวิธีการอ่านชื่อสารประกอบและการเขียนสูตรสารประกอบร่วมกันภายในกลุ่ม	-นักเรียนมีความสนุกสนานขณะทำกิจกรรมและทุกคนให้ความร่วมมือซึ่งกันและกันเป็นอย่างดี -นักเรียนมีความพยายามในการสืบค้นข้อมูล และสามารถระบุเลขโคออร์ดิเนชัน หาเลขออกซิเดชันได้ถูกต้อง แต่ยังมีนักเรียนบางส่วนอาจไม่รอบคอบในการคิดเนื่องจาก Ligand บางตัวเป็น Bidentate Ligand ทำให้ตอบผิด เพราะนักเรียนคำนวณเป็นแบบ Monodentate Ligand
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	-ครูให้นักเรียนออกมาเขียนแสดงคำตอบบนกระดานตามลำดับข้อแต่ละข้อเพื่อเปรียบเทียบคำตอบในแต่ละกลุ่ม ประกอบการอธิบายแนวคิดในแต่ละข้อจากนั้นจึงร่วมกันลงข้อสรุปวิธีการอ่านชื่อและการเขียนสูตรสารประกอบ การพิจารณาเลข	-นักเรียนสามารถอธิบายสรุปแนวคิดการเขียนสูตรโมเลกุลและการอ่านชื่อสารประกอบ/ไอออนเชิงซ้อนได้ถูกต้อง และสามารถวาดรูปแสดงโครงสร้างของสารประกอบ/ไอออนเชิงซ้อนได้ -การให้รางวัลนักเรียนในการร่วมเกมกิจกรรมทำให้นักเรียน

ตารางที่ 4.7 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (ต่อ)	โคออร์ดิเนชัน และเลขออกซิเดชันของอะตอมกลางร่วมกับการใช้สื่อ Power Point เพื่อเสริมความเข้าใจให้กับนักเรียนในประเด็นที่เป็นข้อยกเว้นต่างๆร่วมกัน และสรุปคะแนนโดยให้รางวัลแก่กลุ่มนักเรียนที่ทำคะแนนได้มากที่สุดเพื่อเสริมแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ และร่วมกันศึกษาเรื่องไอโซเมอร์ของสารประกอบ/ไอออนของธาตุทรานซิชัน	ตื่นเต้นและดีใจ กระตุ้นให้เกิดความท้าทายในกิจกรรมการเรียนรู้
4.ขั้นขยายความรู้	-ครูใช้กิจกรรม ธาตุอะไรให้ทาย ? ซึ่งมีลักษณะเป็นเกมเป็นแบบเติมคำตอบที่ถูกต้องลงในช่องว่างที่กำหนดให้ โดยผู้สอนแบ่งกลุ่มผู้เรียนเป็นกลุ่มละ 3 คน จับฉลากคำใบ้ที่บ่งบอกคุณลักษณะสำคัญทางกายภาพและทางเคมีของธาตุ หรือบอกข้อมูลการนำธาตุดังกล่าวว่าไปใช้ประโยชน์อย่างไรในชีวิตประจำวัน	-นักเรียนสนใจในการทำกิจกรรมและกระตือรือร้นในการสืบค้นข้อมูลเพื่อมาลงข้อสรุป -นักเรียนรู้สึกชอบกิจกรรมเพราะได้เชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวันทำให้สามารถจำความรู้ได้ดีขึ้น -นักเรียนร่วมมือกันเป็นอย่างดี มีการหลอกล่อเพื่อนกลุ่มอื่นให้ตอบผิดทำให้เกิดการโต้แย้งกันสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ 4.7 ผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) (ต่อ)

ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน		พฤติกรรมนักเรียน
ขั้นตอน	สิ่งที่ปฏิบัติ	
5.ขั้นประเมินผล	-ครูพิจารณาจากแบบฝึกหัดทบทวน ใบกิจกรรม การเขียนแสดงคำตอบบนกระดาษ การร่วมกันตอบคำถามในประเด็นต่างๆ ขณะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และให้นักเรียนเขียนตาราง KWL และสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	-นักเรียนสามารถทำแบบฝึกหัดทบทวนในส่วนของการอ่านชื่อการหาเลขโคออร์ดิเนชัน และหาเลขออกซิเดชันได้แต่ยังขาดความรอบคอบทำให้มีจุดผิดเล็กน้อย ส่วนเรื่องไอโซเมอร์ของสารประกอบยังคงมีนักเรียนสับสนระหว่างไอออไนเซชันไอโซเมอร์กับโคออร์ดิเนชันไอโซเมอร์

ขั้นที่ 4 ขั้นสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยสะท้อนผลการดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านแบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัย และอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียน พบว่านักเรียนแสดงความคิดเห็นว่าได้ความรู้ใหม่สำหรับธาตุบางธาตุ ทำให้เกิดการเข้าใจได้ง่าย และสนุกที่ได้สืบค้นร่วมกับเพื่อน ได้มีการแบ่งการทำงานอย่างเป็นระบบ และฝึกการคิดวิเคราะห์ที่ดี ได้รู้ความรู้ใหม่เกี่ยวกับประโยชน์ของธาตุมากขึ้น ทำให้สามารถจำความรู้ได้เร็ว เป็นกิจกรรมที่ศึกษาสมบัติของธาตุ การนำไปใช้ประโยชน์ เป็นการเรียนรู้ที่สนุกสนาน ได้ทำงาน เห็นความตั้งใจของเพื่อน ความพยายามของเพื่อนร่วมกลุ่มในการช่วยกันหาคำตอบ และมีการโต้แย้งกับเพื่อนด้วยความรู้ที่ได้เรียนมา ได้พัฒนาความรู้เกี่ยวกับธาตุมากขึ้น และได้ฝึกทักษะในการหาข้อมูล นักเรียนได้เขียนระบุปัญหาที่พบว่า นักเรียนยังกังวลกับเนื้อหาที่ยาก และกังวลว่าจะทำข้อสอบวัดผลได้ไม่ดีโดยผู้วิจัยได้สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้และแนวทางการแก้ไขดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปประเด็นปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สมบัติทางกายภาพ สมบัติทางเคมี และปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block และแนวทางการแก้ไข

ปัญหาที่พบในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	แนวทางการแก้ไข
1) เนื้อหายากนักเรียนอยากให้ครูค่อยๆสอนไปช้าๆ ไม่เร่งการสอน	-ครูควรใช้โจทย์แบบฝึกหัดก่อนเรียนเพื่อให้นักเรียนเห็นภาพรวมของเนื้อหาก่อน อาจช่วยให้นักเรียนไม่กดดันและไม่กังวลเกี่ยวกับเนื้อหาและให้แนวคิดพื้นฐานก่อน -ครูควรให้มีเวลาพักเบรกระหว่างเรียน 5 นาที เพื่อพัก ทำให้ผ่อนคลาย และทบทวนเนื้อหาไปเรื่อยๆ
2) นักเรียนอยากให้มีการทำ Mind Mapping แสดงประเด็นหัวข้อหลักและหัวข้อย่อยในการเรียนที่เกี่ยวข้องกัน เพื่อช่วยสร้างมโนทัศน์ให้เห็นภาพรวมของเนื้อหาก่อนเริ่มเรียน	-ครูควรออกแบบให้นักเรียนได้ทำ Mind Mapping เพื่อสรุปมโนทัศน์เพิ่มเติมเรื่อยๆตลอดการเรียนรู้ และเก็บไว้ใช้สำหรับทบทวนก่อนสอบได้

4.1.5 การสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน เรื่องสมบัติของสาร เพื่อส่งเสริมความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์

จากผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เรื่องสมบัติของสารเพื่อพัฒนาและส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในประเด็นต่างๆ 4 ประเด็น ได้แก่ 1.ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2.ด้านการใช้สื่อ Power Point วีดิโอ วัสดุอุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้ และ 3.ด้านการวัดผล ประเมินผลการเรียนรู้ 4.ด้านความรู้สึกของผู้เรียนในระหว่างจัดการเรียนรู้

4.1.5.1 ด้านกระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

(1) การจัดการเรียนรู้ควรใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางเปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้การนำข้อมูลและประจักษ์พยานหลักฐานมาลงข้อสรุปหรือ

หาคำตอบของคำถามและสร้างคำอธิบายในประเด็นที่กำหนดให้ โดยทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในชั้นเรียนและให้โอกาสนักเรียนได้นำเสนอข้อมูลความรู้ด้วยตนเอง ได้มีการออกแบบกิจกรรมที่ใช้ประกอบการนำเสนอความรู้ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งจากการทำกิจกรรม Presentation ร่วมกับการทำใบความรู้ ชีท แชร์ โชว์ นักเรียนให้ความร่วมมือและมีความพยายามในการสรุปความรู้พร้อมทั้งออกแบบชีทใบความรู้อย่างสวยงาม นอกจากนี้ยังมีการออกแบบกิจกรรมที่หลายหลายประกอบการนำเสนอ เช่น การใช้ Role Play เกมการ์ดทายสมบัติเด่นของแต่ละธาตุ Speedy Quiz เกมคำใบ้ สถานการณ์สืบหาธาตุปริศนา แต่งเพลงสมบัติของธาตุ ซึ่งช่วยให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ร่วมกัน นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีความสนใจในเนื้อหามากขึ้น โดยผู้สอนเป็นผู้ช่วยอำนวยความสะดวกในการสอนหรือเสริมข้อมูลความรู้ให้กับนักเรียนเพิ่มเติมในประเด็นที่นักเรียนยังมีความสับสน หรือสงสัย โดยผู้สอนยังต้องตรวจเช็คความถูกต้องของข้อมูลที่นักเรียนนำเสนอและชี้แนะเพื่อให้นักเรียนทำการแก้ไขข้อมูลให้ถูกต้อง ทั้งนี้เพื่อช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนตระหนักและให้ความสำคัญของการอ้างหลักฐานและการใช้ข้อมูล และผู้สอนต้องเป็นผู้ควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมการนำเสนอ การทำกิจกรรมประกอบในแต่ละขั้นตอนไม่ให้เกินกำหนดเวลาที่วางไว้

(2) ผู้สอนควรใช้กิจกรรมที่หลายหลายในการจัดการเรียนรู้เพื่อช่วยกระตุ้นนักเรียนตลอดการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนเกิดความแปลกใหม่ในการเรียนรู้ โดยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมของต่อเนื้อหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้และควรเป็นกิจกรรมที่ช่วยส่งเสริมมโนทัศน์และความเข้าใจให้กับนักเรียน ซึ่งจากการใช้ Timeline Story การวาดภาพประกอบแนวคิดคำอธิบาย การใช้กิจกรรม B1 and B2 และกิจกรรมธาตุอะไรให้ทาย ? ผู้สอนได้พยายามออกแบบเพื่อให้เหมาะสมกับเนื้อหาในแต่ช่วงที่เลือกใช้กิจกรรม และให้ความสำคัญกับการมีบทบาทของนักเรียนในแต่ละกิจกรรม ซึ่งสะท้อนผลแต่ละกิจกรรมดังนี้

การใช้ Timeline Story เหมาะสำหรับเนื้อหาที่กล่าวถึงช่วงเวลาที่ชัดเจน สามารถใช้เวลามาเป็นตัวกลางในการเล่าเรื่องได้ เช่น ช่วงเวลาของวิวัฒนาการการเกิดตารางธาตุในแต่ละยุค ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดลำดับความคิดโดยแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ขององค์ความรู้ในแต่ละช่วงเวลา และสามารถจดจำได้ง่ายยิ่งขึ้น ทั้งนี้ผู้สอนควรกระตุ้นโดยใช้คำถามให้นักเรียนสังเกตความแตกต่างจากประจักษ์พยานหรือกฎที่ใช้เป็นแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์ในแต่ละยุคว่ามีจุดเด่นหรือมีความแตกต่างกันอย่างไร ไม่ควรเป็นการบรรยายเล่าเรื่องไปเรื่อยๆ เพราะอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย

การใช้กิจกรรมวาดภาพประกอบแนวคิดคำอธิบาย ผู้สอนเลือกใช้กิจกรรมนี้เนื่องจากเนื้อหาในเรื่องสมบัติของสาร ในส่วนของคำนิยามค่าพลังงานต่างๆที่ต้องศึกษา

แนวโน้มมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ที่คล้ายคลึงกัน เช่น Ionization Energy (IE), Electronegativity (EN), Electron Affinity (EA) การวาดภาพประกอบการอธิบายคำนิยามจึงมีส่วนช่วยให้นักเรียนเข้าใจความแตกต่างและสามารถจดจำค่าพลังงานต่างๆได้ชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ยังมีความสำคัญในการช่วยอธิบายเกี่ยวกับอิทธิพลของแรงดึงดูดของนิวเคลียสที่มีผลต่อเวเลนซ์อิเล็กตรอนของธาตุ (z_{eff}) และการจัดเรียงอิเล็กตรอน ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดของธาตุทำให้ธาตุมีค่าแนวโน้มสมบัติทางกายภาพและเคมีที่แตกต่างกัน ทั้งนี้เนื่องจากอะตอมของธาตุเป็นสิ่งที่ไม่สามารถมองเห็นได้ การใช้วิธีการวาดภาพจะทำให้นักเรียนเข้าใจและช่วยเสริมมโนทัศน์ทำให้เกิดภาพจำหรือสามารถจินตนาการได้ และช่วยทำให้การอธิบายในประเด็นเกี่ยวกับเนื้อหาส่วนนี้ง่ายต่อการทำความเข้าใจมากขึ้น ซึ่งผู้สอนควรขออาสาสมัครนักเรียน หรือสุ่มตัวแทนนักเรียนมาเป็นผู้วาดหน้ากระดานจะทำให้นักเรียนเกิดประสบการณ์ตรงซึ่งจะช่วยให้ยิ่งเข้าใจได้มากขึ้น ทั้งนี้ควรจะต้องร่วมกันสรุปแนวคิดซ้ำร่วมกันทั้งห้องอีกครั้ง

การใช้กิจกรรม B1 and B2 เป็นกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมืออย่างหนึ่งที่ผู้วิจัยดัดแปลงมาจากเทคนิคการเขียนเป็นคู่ (Rally Table) โดยให้นักเรียนจับคู่และผลัดการสร้างคำถาม-ตอบคำถามเกี่ยวกับปฏิกิริยาการแทนที่ของธาตุหมู่ 7A (หมู่ 17) ทำให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจของตนเอง ได้ทดลองเป็นผู้ตั้งคำถามและเป็นผู้ตอบคำถาม ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีความพยายามในการตั้งคำถามที่ซับซ้อนขึ้นและท้าทายความสามารถของผู้ตอบ แต่เนื่องจากเป็นกิจกรรมที่ใช้เวลามากทำให้นักเรียนบางคนไม่ได้ออกมาทำกิจกรรมร่วมกัน ผู้สอนจึงต้องสรุปแนวคิดให้นักเรียนอีกครั้งเพื่อทำความเข้าใจให้ตรงกัน และสามารถสอดแทรกการวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายของนักเรียนได้โดยใช้ตัวอย่างการเขียนคำตอบของนักเรียนที่เป็นตัวแทนที่ออกมาทำกิจกรรม โดยเน้นย้ำให้นักเรียนตระหนักถึงองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายในท้ายกิจกรรมนี้

กิจกรรมธาตุอะไรให้ทาย ? เป็นกิจกรรมที่ออกแบบเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนและเชื่อมโยงองค์ความรู้เกี่ยวกับธาตุเรพรีเซนเททีฟและธาตุทรานซิชันที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ จากการใช้กิจกรรมพบว่านักเรียนแต่ละคนให้ความร่วมมือกันภายในกลุ่มของตนเองและและมีความกระตือรือร้นในการหาคำตอบ มีความพยายามในการสืบค้น และทำให้เกิดบรรยากาศการเรียนรู้ร่วมกันในลักษณะของการแบ่งปันความรู้ ส่งเสริมให้เกิดการโต้แย้งด้วยข้อมูลที่ได้จากการสืบค้น ทำให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์และอธิบายแนวคิดเพื่อสรุปคำตอบได้อย่างถูกต้องชัดเจน และผู้เรียนมีความเข้าใจเชิงลึกมากขึ้น ซึ่งผู้สอนเป็นผู้สังเกตการณ์และคอยชี้แนะเพื่อส่งเสริมความเข้าใจ หรือช่วยตอบในประเด็นข้อสงสัยบางประเด็นของนักเรียน

(3) การปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อขยายความรู้นักเรียนเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญ ช่วยส่งเสริมทักษะและกระบวนการเรียนรู้อย่างนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการทดลองเพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการเกิดปฏิกิริยา และความสามารถในการละลายของธาตุ/สารประกอบของโลหะหมู่ 1A, 2A ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีความตื่นเต้น และให้ความสนใจกับการทำการทดลองอย่างมาก ในการออกแบบปฏิบัติการทดลอง ผู้สอนได้ให้นักเรียนตรวจสอบผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับน้ำว่าตรงตามทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ โดยการใช้อินดิเคเตอร์ (Phenolphthalein) ตรวจสอบสมบัติความเป็นกรด-เบสของผลิตภัณฑ์ ทำการทดสอบการวาบไฟ/การติดไฟของแก๊สที่เกิดขึ้นเพื่อพิสูจน์ ทำให้นักเรียนได้ตระหนักถึงการใช้ผลการทดลองเพื่อยืนยันและตรวจสอบความถูกต้อง รู้จักและเรียนรู้การใช้ประจักษ์พยานหลักฐานและผู้สอนสามารถใช้รายงานผลการทดลองเพื่อสะท้อนผลในด้านการเขียนคำอธิบายของนักเรียนได้

(4) การใช้กิจกรรมกลุ่มเพื่อเป็นการเรียนรู้แบบร่วมมือจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้วิจัยพบว่า การทำงานเป็นกลุ่มช่วยลดระยะเวลาในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความกระชับขึ้น นักเรียนมีความผ่อนคลายในการเรียนมากขึ้น และการจัดจำนวนนักเรียนต่อกลุ่มควรพิจารณาจากกิจกรรมที่ใช้ว่ามีจำนวนเพียงพอต่อการกระจายการทำงานอย่างทั่วถึงหรือไม่ เพื่อไม่ให้ภาระงานตกเป็นความรับผิดชอบอยู่ที่นักเรียนคนใดคนหนึ่งมากเกินไป และควรให้นักเรียนได้มีการเปลี่ยนแปลงกลุ่มบ่อยๆ เพื่อให้เกิดปฏิสัมพันธ์และเรียนรู้การทำงานของเพื่อนแต่ละคนที่แตกต่างกัน นอกจากนี้การทำงานเป็นกลุ่มยังมีส่วนช่วยในการระดมความคิด เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ แบ่งปันความรู้ซึ่งกันและกันมากขึ้น โดยผู้สอนควรกำหนดข้อตกลงในการทำกิจกรรมกลุ่มแต่ละกิจกรรมให้ชัดเจน และคอยดูผลนักเรียนขณะทำกิจกรรมตลอดเวลา เพื่อกระตุ้นให้เกิดการร่วมมือกัน

(5) ในขณะการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนอธิบายเพิ่มเติมเมื่อนักเรียนเกิดข้อสงสัย หรือนักเรียนต้องให้ผู้สอนอธิบายซ้ำในเนื้อหาที่มีความซับซ้อน ผู้สอนต้องคอยสอบถามเพื่อตรวจสอบนักเรียนตลอดเวลา ให้เวลานักเรียนในการคิดทบทวน หรือทำความเข้าใจไม่เร่งในการขอคำตอบจากนักเรียน รวมใช้พฤติกรรม และท่าทีที่เป็นกันเองนักเรียนจึงไม่รู้สึกประหม่าในการตอบคำถามผู้สอน พยายามเดินสำรวจทั่วห้องเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สอบถามข้อสงสัยเพิ่มเติม และหากข้อสงสัยเป็นประเด็นที่สำคัญผู้สอนควรอธิบายย้ำให้ทั้งห้องทบทวนอีกครั้งร่วมกันไม่เจาะจงไปเพียงแค่ในกลุ่มของนักเรียนที่สงสัยเท่านั้น นอกจากนี้ผู้สอนควรมีรางวัลสำหรับการร่วมกิจกรรมเพื่อช่วยเสริมแรงกระตุ้นในการเรียนรู้ของนักเรียน เช่น การให้ขนม หรือการใช้คำพูดชื่นชมนักเรียน

4.1.5.2 ด้านการใช้สื่อ Power Point วีดิโอ วัสดุอุปกรณ์ และแหล่งเรียนรู้

(1) การใช้สื่อในการจัดการเรียนรู้ในลักษณะของ Presentation ด้วย Power Point ควรออกแบบให้มีความหลากหลาย และสามารถดึงดูดความสนใจนักเรียนได้ ควรใช้รูปภาพหรือไอคอนที่สื่อแทนข้อความหรือสอดคล้องกับเนื้อความที่กำลังแสดงอยู่ ใช้สีช่วยในการเน้นข้อความที่สำคัญ และสร้างสื่อในลักษณะของ Interactive Power Point เพื่อกระตุ้นผู้เรียน ผู้วิจัยได้ทำเกมเปิดแผ่นป้าย และเกมระเบิดจับเวลา โดยใช้แอนิเมชันเป็นปุ่มกดเพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหว หรือเชื่อมโยงไปยังหน้าโจทย์คำถาม สร้างความตื่นเต้นให้แก่ผู้เรียนโดยใช้ภาพเคลื่อนไหว และภาพนิ่งที่มีเสียงประกอบ ผู้วิจัยพบว่านักเรียนให้ความสนใจต่อสื่อ Power Point เป็นอย่างมากเมื่อมีการออกแบบให้อยู่ในลักษณะของเกม และเมื่อนำมาใช้ในขั้นสร้างความสนใจจึงสามารถช่วยกระตุ้นผู้เรียนได้เป็นอย่างดี

(2) การเลือกใช้สื่อวีดิโอ เพื่อช่วยเสริมมโนทัศน์ของผู้เรียนในแต่ละช่วงของเนื้อหา นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจและตั้งใจมากเมื่อผู้สอนมีการใช้วิดีโอ เช่น การอธิบายถึงการละลายของสารที่อยู่ในรูปของสารละลายโดยการใช้แอนิเมชันแบบจำลองผลึกของเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ถูกล้อมรอบด้วยน้ำ ในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีเรื่องความสามารถในการละลายของสารประกอบโลหะหมู่ 1A, 2A ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้น ผู้วิจัยพบว่าควรใช้สื่อแอนิเมชันที่ให้ข้อมูลที่ถูกต้อง ภาพการเคลื่อนไหวชัดเจน มีเสียงบรรยายที่น่าตื่นเต้น หรือมีลักษณะเป็นการ์ตูนวิทยาศาสตร์ และหากใช้สื่อวิดีโอที่มีเสียงบรรยายเป็นภาษาอังกฤษควรมีคำบรรยายภาษาไทยประกอบเพื่อให้นักเรียนได้อ่านทำความเข้าใจไปพร้อมกันด้วย นอกจากนี้ผู้วิจัยได้แปลงสื่อวิดีโอให้อยู่ในลักษณะของ QR Code พบว่านักเรียนให้ความสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากนักเรียนแต่ละคนสามารถสแกนและดูได้ในโทรศัพท์ส่วนตัวนักเรียน ใช้สำหรับทบทวนเนื้อหาภายหลังการเรียนรู้ได้ และสามารถช่วยแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้ในกรณีที่อุปกรณ์เชื่อมต่อโปรเจคเตอร์หรือลำโพงในบางห้องเรียนไม่สามารถใช้ได้

(3) แหล่งเรียนรู้ ผู้วิจัยได้กำหนดให้นักเรียนสืบค้นได้อย่างอิสระจากอินเตอร์เน็ตและเอกสารประกอบการเรียนในรายวิชาเคมี รหัส ว30221 สมบัติของสาร ผู้วิจัยพบว่าในด้านของการจัดทำเอกสารประกอบการเรียนควรมีการจัดลำดับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกับ Power Point ที่ใช้เป็นสื่อการสอน ใช้ตัวอักษรที่มีขนาดชัดเจนสามารถอ่านได้ง่าย และในด้านการเลือกใช้แหล่งเรียนรู้ในการอ้างอิงข้อมูลของนักเรียนในการทำกิจกรรม ผู้สอนควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา แนะนำ ให้คำปรึกษาและกำกับติดตามนักเรียน เน้นให้นักเรียนเลือกใช้

แหล่งข้อมูลที่มีความน่าเชื่อถือ โดยการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่างๆมาก่อน จากนั้นจึงนำมาสังเคราะห์เพื่อเลือกใช้ข้อมูล

4.1.5.3 ด้านการวัดผลประเมินผลการเรียนรู้

(1) การประเมินผลการเรียนรู้โดยผู้สอนสามารถทำได้หลายรูปแบบ ซึ่งสำหรับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ผู้สอนสามารถประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนในแต่ละขั้นได้ โดยการใช้คำถามเพื่อทบทวนหรือตรวจสอบแนวคิดของนักเรียน ใช้การสังเกตและรับฟังนักเรียนในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาที่เรียน การประเมินความรู้ความเข้าใจจากใบกิจกรรม แบบฝึกหัดหลังเรียน และการเขียนรายงานผลการทดลอง

(2) การประเมินผลการเรียนรู้โดยผู้เรียน ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนสะท้อนประมินผลการเรียนรู้ของตนเองในรูปแบบตาราง 3 ประเด็น ได้แก่ K (นักเรียนรู้อะไรบ้าง) W (สิ่งที่นักเรียนต้องการรู้) และ L (สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้) โดยผู้สอนต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจความแตกต่างของแต่ละประเด็นเพื่อให้นักเรียนสะท้อนผลออกมาได้ชัดเจน เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนได้ทบทวนตนเองว่ายังมีข้อสงสัยหรือมีความไม่เข้าใจในเนื้อหาส่วนใด และข้อมูลการเขียน KWL ก็มีประโยชน์สำหรับผู้สอนด้วยเช่นกัน เนื่องจากผู้สอนสามารถตรวจสอบประเด็นที่นักเรียนยังสงสัยอยู่เพื่อนำไปทบทวนให้นักเรียนก่อนเริ่มเนื้อหาในครั้งถัดไป

4.1.5.4 ด้านความรู้สึกของผู้เรียนในระหว่างจัดการเรียนรู้

จากผลการสะท้อนความคิดเห็นของนักเรียนในข้อคำถาม “ความรู้สึกของผู้เรียนในระหว่างการจัดการเรียนรู้” พบว่านักเรียนแสดงความคิดเห็นว่า นักเรียนรู้สึกมีความสุข สนุก เพลิดเพลิน ชอบที่มีเกมให้เล่น มีแบบฝึกหัดทบทวนให้ทำตลอด มีความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น นักเรียนชอบสื่อ Power Point ที่เป็นสัดส่วน มีการจัดลำดับเนื้อหาทำให้เข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น มีความสวยงามน่าสนใจทำให้ไม่รู้สึกเบื่อและอยากกลับมาอ่านทบทวนซ้ำ และชอบอาจารย์เนื่องจากอาจารย์สอนเข้าใจ ใจเย็น ใส่ใจเด็ก ตอบคำถามนักเรียนได้ชัดเจน มีการสรุปแนวคิดให้นักเรียน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้นและมีความตั้งใจในการสอน

4.2 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E)

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สมบัติของสาร จำนวน 8 ข้อ มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัย ซึ่งต้องเขียนอธิบายเหตุผลทุกข้อ ประกอบด้วย แบบเลือกตอบพร้อมอธิบายเหตุผล จำนวน 3 ข้อ และแบบเขียนบรรยายคำตอบพร้อมอธิบายเหตุผล จำนวน 5 ข้อ ใช้เวลาในการทำทั้งสิ้น 50 นาที ดำเนินตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เรื่อง สมบัติของสาร จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอน 14 คาบเรียน และภายหลังการจัดการเรียนรู้ ครบทุกแผนแล้วผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่อง สมบัติของสารอีกครั้ง จากนั้นจึงนำข้อมูลทั้งหมด ไปวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลทางสถิติดังนี้

4.2.1 การหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยนำผลคะแนนไปเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อวิเคราะห์ผลเป็นระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน แบ่งคะแนนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ควรปรับปรุง (0-12 คะแนน) พอใช้ (13-24 คะแนน) ดี (25-36 คะแนน) และดีมาก (37-48 คะแนน) ซึ่งคะแนนแต่ละช่วงเป็นคะแนนรวมจากทุกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกำหนดเกณฑ์การประเมินของแต่ละองค์ประกอบแบ่งออกเป็น 3 ระดับคะแนน คือ 0, 1 และ 2 คะแนน และทดสอบหาค่าความแตกต่างของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 50 คน ด้วยสถิติ t-test แบบ Dependent Sample กำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน ผู้วิจัยวิเคราะห์โดยหาค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่า t ของคะแนนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน (n=50)

คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t
ก่อนเรียน	13.02	4.984	14.387*
หลังเรียน	28.36	7.193	

*p<.05

จากตารางที่ 4.9 จะเห็นว่าก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 อยู่ในระดับพอใช้ (13-24 คะแนน) โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 13.02 คะแนน

ภายหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ครบทั้ง 4 แผนพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอยู่ในระดับดี (25-36 คะแนน) โดยมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 28.36 คะแนน เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน กับเกณฑ์ที่ร้อยละ 50

ผู้วิจัยทดสอบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนกับเกณฑ์ที่ร้อยละ 50 ด้วยสถิติ t-test แบบ One Sample ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน กับเกณฑ์ที่ร้อยละ 50 (24 คะแนนจาก 48 คะแนน)

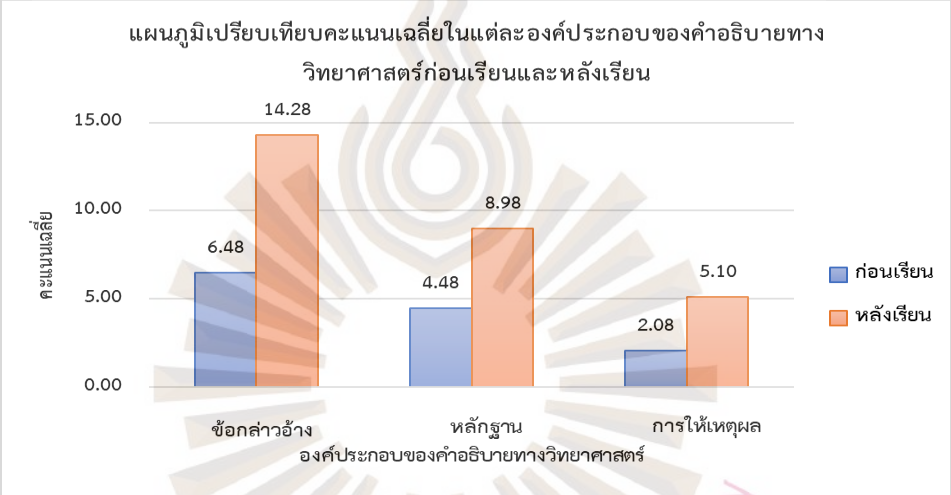
คะแนนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	N	เกณฑ์	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t
หลังเรียน	50	24	28.36	7.19	4.29*

*p<.05

จากตารางที่ 4.10 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าเกณฑ์ที่ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4.2.3 ผลการพิจารณาค่าเฉลี่ยซึ่งจำแนกตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 ค่าเฉลี่ยคะแนนแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จากคะแนนเต็ม 48 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน

เมื่อพิจารณารายละเอียดแต่และองค์ประกอบ พบว่า ทุกองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผลมีคะแนนสูงขึ้น

ตัวอย่างการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ โดยกำหนดสถานการณ์ดังต่อไปนี้

น้ำเพชรทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาธาตุ unknown ธาตุหนึ่ง พบว่าไอออนของธาตุดังกล่าวรวมกับ CO_3^{2-} ในอัตราส่วน 2:1 ซึ่งมีสมบัติการละลายน้ำได้และธาตุนั้นสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้ว่องไวที่สุด โดยมีข้อมูลค่าพลังงานไอออไนเซชัน (kJ/mol) ของธาตุ X, Y, Z ที่เป็นธาตุสมมติซึ่ง 1 ใน 3 ธาตุนี้คือธาตุ unknown ที่น้ำเพชรทำการทดลอง ดังนี้

ธาตุ	IE_1	IE_2	IE_3	IE_4	IE_5
X	520	7,200	12,000		
Y	900	1,850	15,000	21,000	
Z	800	2,400	3,700	25,000	32,000

โดยมีคำสั่งให้นักเรียนระบุธาตุ unknown และอธิบายแนวคิดและเหตุผลของการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลและทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งแสดงตัวอย่างคำตอบของนักเรียนดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนลำดับที่ 28 ของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียนในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์	คำตอบก่อนเรียน	คำตอบหลังเรียน
ข้อกล่าวอ้าง (2 คะแนน)	ธาตุ Z	ธาตุ X
หลักฐาน (2 คะแนน)	เนื่องจาก unknown ในการทดลองสามารถรวมตัวกับ CO_2^{3-} ในอัตราส่วน 2:1	เนื่องจากธาตุ unknown จากโจทย์มีสมบัติคือทำปฏิกิริยาว่องไวและไอออนของธาตุ unknown รวมตัวกับ CO_2^{3-} ในอัตราส่วน 2:1 และจากการพิจารณาค่า IE ของธาตุทั้ง 3
การให้เหตุผล (2 คะแนน)	ทำให้ไอออนของธาตุนี้มีการเสียอิเล็กตรอนอย่างน้อย 4 ตัว ดังนั้นธาตุ unknown จึงต้องมีอิเล็กตรอนมากกว่า 4 ตัว	นั้นคือ ธาตุ unknown มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +1 สามารถเขียนสูตรสารประกอบได้เป็น X_2CO_3 ซึ่งเป็นธาตุหมู่ 1A สอดคล้องกับค่า IE จากตารางที่กำหนดให้ $IE_1 < IE_2$ มาก ค่าพลังงานIE ต่างกันมากที่สุดทำให้สรุปได้ว่าธาตุ X เป็นธาตุหมู่ 1A

จากการพิจารณาตัวอย่างคำตอบของนักเรียนพบว่า ก่อนทดลองนักเรียนลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง มีการใช้หลักฐานไม่ครบถ้วนเนื่องจากมีการระบุหลักฐานการเกิดสารประกอบของธาตุ unknown กับ CO_2^{3-} ไอออนซึ่งนักเรียนไม่มีการระบุสูตรสารประกอบที่ชัดเจน และให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไม่ถูกต้อง จึงมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบาย 1 คะแนน ซึ่งภายหลังการจัดการเรียนรู้ พบว่านักเรียนมีคะแนนสูงขึ้นและเมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบพบว่ามีคะแนนเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน โดยนักเรียนมีการระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง มีการใช้หลักฐานครบถ้วนคือมีการระบุข้อมูลของธาตุ unknown จากโจทย์ว่ามีสมบัติคือทำปฏิกิริยาว่องไวและไอออนของธาตุ unknown รวมตัวกับ CO_2^{3-} ในอัตราส่วน 2:1 และจากการพิจารณาค่า IE ของธาตุทั้ง 3 และแสดงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้ถูกต้องชัดเจนคือการระบุว่าธาตุ unknown มีเลขออกซิเดชันเท่ากับ +1 สามารถเขียนสูตรสารประกอบได้เป็น X_2CO_3 ซึ่งเป็นธาตุหมู่ 1A สอดคล้องกับค่า IE จากตารางที่กำหนดให้ $IE_1 < IE_2$ มาก ค่าพลังงาน IE ต่างกันมากที่สุดทำให้สรุปได้ว่าธาตุ X เป็นธาตุหมู่ 1A จึงมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบาย 5 คะแนน จากคะแนนเต็ม 6 คะแนน

4.2.4. ผลการพิจารณาเปรียบเทียบระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน จำนวน 50 คน (n =50)

ซึ่งแสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 จำนวนนักเรียนจำแนกตามเกณฑ์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน (n=50)

ระดับความสามารถในการสร้างคำทางวิทยาศาสตร์ (เต็ม 48 คะแนน)	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวนนักเรียน	ร้อยละของจำนวนนักเรียน	จำนวนนักเรียน	ร้อยละของจำนวนนักเรียน
ดีมาก (37-48 คะแนน)	0	0.00	4	8.00

ตารางที่ 4.12 จำนวนนักเรียนจำแนกตามเกณฑ์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน (n=50) (ต่อ)

ระดับความสามารถในการสร้างคำทางวิทยาศาสตร์ (เต็ม 48 คะแนน)	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวนนักเรียน	ร้อยละของจำนวนนักเรียน	จำนวนนักเรียน	ร้อยละของจำนวนนักเรียน
ดี (25-36 คะแนน)	3	6.00	34	68.00
พอใช้ (13-24 คะแนน)	21	42.00	9	18.00
ควรปรับปรุง (0-12 คะแนน)	26	52.00	3	6.00

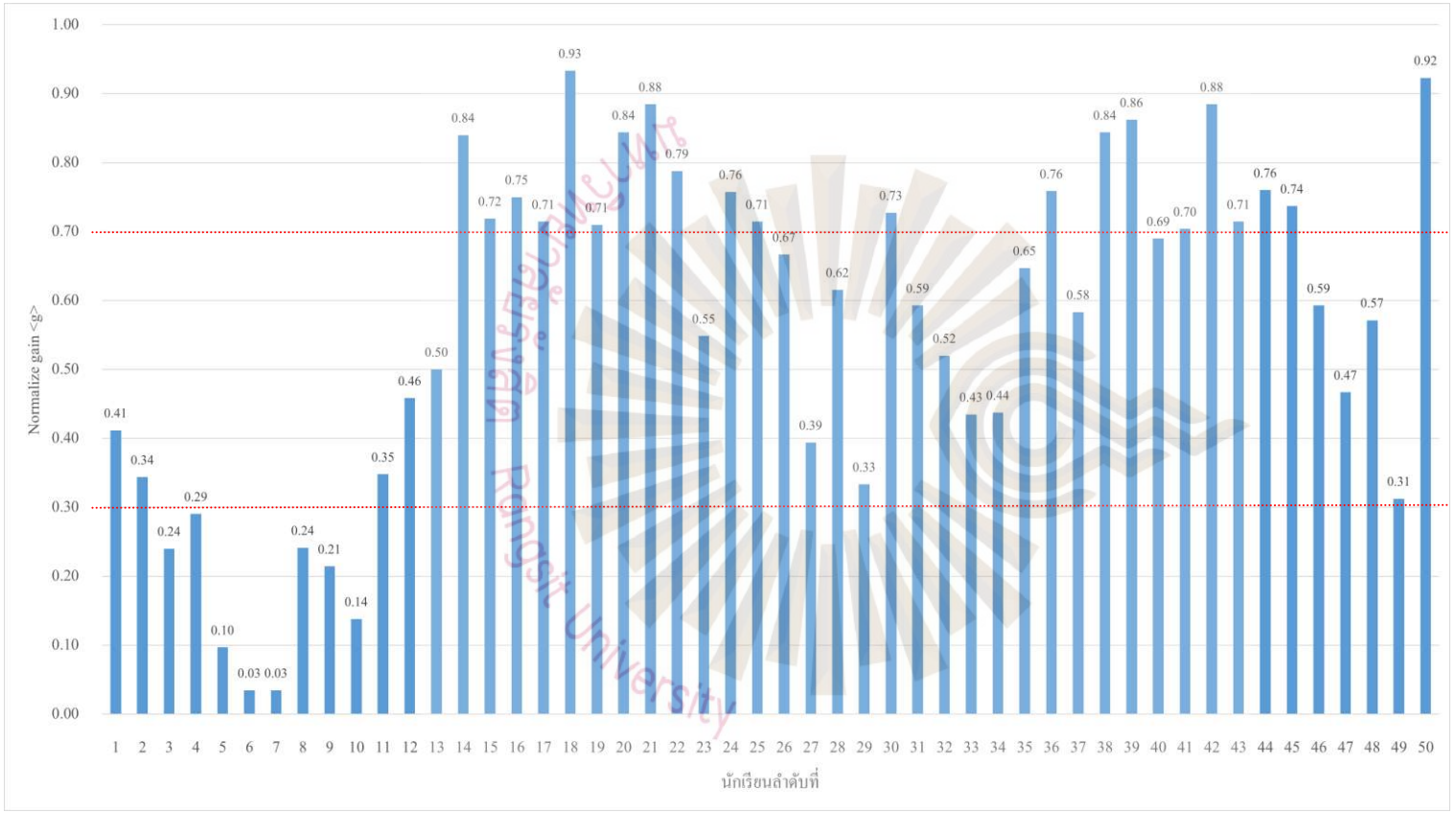
จากตารางที่ 4.12 คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างภายหลังการจัดการเรียนรู้ มีจำนวนนักเรียนอยู่ในระดับที่ดีเพิ่มขึ้นร้อยละ 60 ระดับดีมากเพิ่มขึ้นร้อยละ 8 ในทางตรงข้ามพบว่ามีจำนวนนักเรียนอยู่ในระดับพอใช้ลดลงร้อยละ 24 และระดับควรปรับปรุงลดลงร้อยละ 46

เมื่อพิจารณาเป็นคะแนนพัฒนาการพบว่านักเรียนมีคะแนนพัฒนาการสูงขึ้นเฉลี่ย 0.57 ดังแสดงในตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 ค่าเฉลี่ยและคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

%Pretest	%Posttest	Actual gain	Maximun posttest gain	Normalize gain <g>
32.55	70.90	38.35	67.45	0.57

จากตารางที่ 4.13 พบว่าผลคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นรายบุคคลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเฉลี่ย Normalize gain <g> อยู่ที่ 0.57 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ที่เพิ่มขึ้นในระดับกลาง (Medium gain) ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 คะแนนพัฒนาการของนักเรียนเป็นรายบุคคล

จากรูปที่ 4.2 สามารถจัดกลุ่มคะแนนพัฒนาการของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเป็นกลุ่มที่มีพัฒนาการระดับสูง จำนวน 21 คน พัฒนาการระดับกลาง 21 คน และพัฒนาระดับต่ำ 8 คน โดยเมื่อพิจารณาแยกเป็นรายบุคคลของนักเรียนที่มีเกณฑ์พัฒนาการอยู่ในระดับต่ำพบว่า นักเรียนจำนวน 3 คนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้อง มีการอ้างหลักฐานจากข้อมูลที่กำหนดให้ได้แต่ยังไม่ครบถ้วน และมีลักษณะการให้เหตุผลที่ไม่ชัดเจน และนักเรียนจำนวน 5 คน ยังคงระบุข้อกล่างอ้างไม่ถูกต้องหลายข้อส่งผลให้องค์ประกอบอื่นๆ ได้แก่ การใช้หลักฐานและการให้เหตุผลมีคะแนนต่ำเนื่องจากมีลักษณะการเขียนอธิบายสั้น ขาดความรอบคอบในการเขียน และมีการให้เหตุผลประกอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่เรียนรู้ โดยพบว่านักเรียนกลุ่มนี้ยังคงมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับประจุของธาตุเมื่อมีการรับหรือให้อิเล็กตรอน และพันธะเคมีของสารประกอบ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสาร และเพื่อศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องสมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องสมบัติของสาร โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) พบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ภายหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) อยู่ในระดับดี คือ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถ 28.36 คะแนนจากคะแนนเต็ม 48 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 59.08 สูงกว่าเกณฑ์ที่ร้อยละ 50 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยของแต่ละองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ข้อกล่าวอ้าง 14.28 คะแนน จาก 16 คะแนน, หลักฐาน 8.98 คะแนน จาก 16 คะแนน และการให้เหตุผล 5.10 คะแนน จาก 16 คะแนน และนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ภายหลังจากที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) สูงกว่าคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เรื่องสมบัติของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ผู้วิจัยใช้รูปแบบ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการ 4 วงจร โดยภายหลังการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจร นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05 ดังนี้

5.2.1 ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสมบัติของสาร

การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะฐาน (5E) ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น เนื่องจาก การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) มีแนวคิดมาจากทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการมีประสบการณ์ส่วนบุคคลมากกว่าการเป็นผู้รับความรู้ โดยนักเรียนได้เรียนรู้ตามขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นที่ 5 ขั้นการประเมิน (Evaluation) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ยังมีรูปแบบการสอนที่สอดคล้องกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ ออกแบบวางแผนวิธีการ และกำหนดการเลือกใช้แหล่งเรียนรู้ รวมถึงวิเคราะห์และสรุปผลเพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุปในสถานการณ์ต่างๆด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติงานและเกิดประสบการณ์โดยตรง ผู้วิจัยสะท้อนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 4 วงจรพบว่าแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) เรื่องสมบัติของสารเพื่อส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในด้านกระบวนการจัดการเรียนรู้ควรใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้การนำข้อมูลและประจักษ์พยานมาลงข้อสรุปหาคำตอบของคำถามหรือสร้างคำอธิบายของคำถามที่ตั้งไว้ โดยผู้สอนเป็นผู้ให้คำแนะนำ และสังเกตการทำงานของผู้เรียนในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้ สำหรับขั้นที่ 1 สร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน ผู้วิจัยใช้คำถามที่มีลักษณะเป็นคำตอบสั้นเพื่อทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนทำให้สามารถประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนที่นำมาซึ่งองค์ประกอบหนึ่งของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คือ ข้อกล่าวอ้าง สำหรับขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) และขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ถือเป็นขั้นตอนสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรง และผู้สอนมีโอกาสในการปลูกฝังให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญของการใช้หลักฐานประจักษ์พยานในการลงข้อสรุปและสร้างคำอธิบายโดยมีการเชื่อมโยงกับแนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยใช้การออกแบบ

กิจกรรมที่ทำให้นักเรียนได้รับข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอนและเพื่อนร่วมชั้นโดยการวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายร่วมกันในชั้นเรียน สำหรับขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ใช้ความรู้จากการเรียนรู้ในสถานกาณ์ใหม่ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและครอบคลุมมากขึ้น ผู้วิจัยใช้การออกแบบกิจกรรมโดยให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบ ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และใช้กิจกรรมที่หลากหลายโดยต้องคำนึงถึงความเหมาะสมต่อเนื้อหาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งผู้สอนควรให้ข้อมูลเพิ่มเติมแก่ผู้เรียนเพื่อให้เกิดการเข้าใจที่ถูกต้องตรงกัน และขั้นที่ 5 ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นที่ผู้สอนได้ทำการตรวจสอบผู้เรียนและผู้เรียนได้ประเมินตนเองเกี่ยวกับความรู้ ความเข้าใจ ผู้วิจัยใช้การเขียนอนุทินสะท้อนคิดของนักเรียนในการเขียน KWL เพื่อให้ผู้เรียนประเมินตนเอง และใช้การสังเกตการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากใบกิจกรรม และรายงานผลการการทดลอง เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องสมบัติของสารมากขึ้น นอกจากนี้ในการจัดการเรียนรู้ควรใช้สื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายและดึงดูดความสนใจเช่น สื่อวีดิโอ หรือแอนิเมชันที่ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับเนื้อหาในแต่หน่วยการเรียนรู้นั้นๆ

ซึ่งผลการศึกษานี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัณนิดา มีลา และร่มเกล้า อาจเดช (2560) ศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่องสมบัติของแก๊ส ที่เรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สูงสุดอยู่ที่ระดับ 1 แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีการพัฒนาระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นระดับ 2 และผู้เรียนมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนเรื่องสมบัติของแก๊สมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับงานวิจัยของ กรกนก เลิศเดชาภัทร (2561) ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้การสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลัง และเปรียบเทียบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้การเรียนแบบสืบสอบแบบร่วมมือร่วมพลังกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองคือ ร้อยละ 82.14 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไปจัดอยู่ในความสามารถระดับดีมาก โดยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างและหลักฐานอยู่ในระดับดีมาก ส่วน

องค์ประกอบการให้เหตุผลอยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณาทั้งคะแนนรวมและคะแนนแยกตามองค์ประกอบหลังเรียนพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่จำแนกออกเป็นแต่ละองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยในส่วนข้อกล่าวอ้างมากที่สุด หลักฐานเป็นอันดับถัดมา และการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่มีคะแนนน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นเพราะข้อกล่าวอ้างเป็นองค์ประกอบที่มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับความรู้ในเนื้อหาที่ผู้เรียนกำลังเรียน ส่วนหลักฐานเป็นองค์ประกอบที่ผู้เรียนต้องรวบรวม สังเกต และต้องเลือกนำมาใช้อย่างเหมาะสมกับสถานการณ์ปัญหา และการให้เหตุผลเป็นองค์ประกอบที่ต้องใช้เวลาและการฝึกฝนเป็นเวลานานอย่างต่อเนื่องมากกว่านี้ เนื่องจากเป็นองค์ประกอบที่ผู้เรียนต้องแสดงให้เห็นถึงความเชื่อมโยงระหว่างข้อสรุปและหลักฐานให้มีความถูกต้องสมบูรณ์และมีแนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาประกอบด้วย จึงต้องมีความละเอียดรอบคอบ รวมทั้งมีความรู้ที่ถูกต้องชัดเจน และต้องอาศัยการเขียนทางวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานสำคัญเพื่อให้ตื่นตัวในการสร้างข้อมูลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและข้อสรุปผล โดยผู้สอนควรใช้กิจกรรมการวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มากขึ้นด้วยเพื่อให้ผู้เรียนได้ประเมินตนเอง มีความเข้าใจและตระหนักถึงความสำคัญขององค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

5.3.1.1 ผู้สอนควรออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีความสอดคล้องเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในเนื้อหาแต่ละหน่วยการเรียนรู้ และปรับให้มีลักษณะที่แตกต่างกันออกไปตามบริบทของเนื้อหาและรายวิชา

5.3.1.2 ผู้สอนควรชี้แจงบทบาทและชี้แจงรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนมีความเข้าใจตรงกัน และแนะนำส่งเสริมนักเรียนให้เห็นถึงความสำคัญของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

5.3.1.3 ผู้สอนควรคำนึงถึงบริบทของโรงเรียน แหล่งเรียนรู้ และวัสดุอุปกรณ์ในการทำการทดลองให้มีความเพียงพอในการจัดการเรียนรู้ และมีบริบทที่คล้ายคลึงกับบริบทของ

โรงเรียนดังงานวิจัยนี้ เพื่อให้การจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะเป็นฐาน (5E) สามารถส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการศึกษาการพัฒนาความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการใช้รูปแบบการเขียนทางวิทยาศาสตร์

5.3.2.2 ควรใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ร่วมกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้อื่นๆที่หลากหลายเพื่อส่งเสริมการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้เพิ่มมากขึ้น

5.3.2.3 ควรใช้ระยะเวลาในการวิจัยที่มากขึ้น และส่งเสริมนักเรียนอย่างต่อเนื่องในการพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนเกิดการพัฒนาในแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น

5.3.2.4 ควรเพิ่มเวลาและความถี่ในการวิเคราะห์โครงสร้างองค์ประกอบในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับนักเรียนให้มากขึ้น มีการให้ข้อมูลย้อนแก่นักเรียนเพื่อจะได้เน้นย้ำให้นักเรียนเกิดความตระหนักถึงองค์ประกอบของการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บรรณานุกรม

กมลวรรณ กันยาประสิทธิ์. (2558). *5 คุณลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้ (5 Essential features of inquiry)* (เอกสารประกอบการสอน ศูนย์วิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ PDF). สืบค้นจาก http://sciedcenter.swu.ac.th/Portals/25/Documents/News/5 Essential features of inquiry_Kamonwan.pdf?timestamp=1434440007462

กรกนก เลิศเดชาภัทร. (2561). ผลของการสืบสอบแบบร่วมมือรวมพลังที่มีผลต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, *46*(2), 1-20.

กฤตกร สภาสันติกุล. (2558). *ผลของกลวิธีการสอนเคมีโดยใช้การทำนาย การสังเกต การอธิบายอย่างมีขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่4* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/51073

กัลยา ภูทัตโต. (2559). ผลของการใช้การเรียนรู้แบบสืบสอบแบบแนะนำเน้นกระบวนการที่มีต่อมโนทัศน์ทางเคมีและการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, *11*(1), 266-281.

จิระพา สุโขวัฒนกิจ. (2556). *ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้แหล่งเรียนรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการวิเคราะห์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (Unpublished Master's thesis). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

จีระวรรณ เกษสิงห์. (2562). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ วิถีปฏิบัติสู่การพัฒนาตนเอง*. กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์ จำกัด.

ณราภรณ์ บุญกิจ. (2553). ตัวแทนความคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องแสงจากการจัดกิจกรรมการเรียนบทพื้นฐานทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์โดยใช้การเรียนรู้แบบทำนายสังเกต อธิบาย. ใน *การประชุมวิชาการระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น* (น.1212-1214).ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ณัฐพล สีจาด. (2558). *ผลของวิธีสืบสอบร่วมกับการเรียนรู้เป็นทีมที่มีต่อความสามรถในการแก้ปัญหาทางเคมีและเจตคติต่อการทำงานกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/51075

บรรณานุกรม (ต่อ)

ณัฐมน สุชัยรัตน์ และคณะ. (2559). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวคิดการสืบสอบโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานเพื่อส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และการถ่ายโยงความรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.*วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, *15*(1), 106-133.

ณัฐวรรณ ศศิธร, และเอกภูมิ จันทรขันตี. (2562). การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีการโต้แย้งเพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง แรง มวล และกฎการเคลื่อนที่. *วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร, 39*(1), 130-141.

ทัศตริน วรรณเกตุศิริ.(2561). *การประเมินเพื่อพัฒนาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*.กรุงเทพฯ: บริษัทเพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป จำกัด.

ทิศนา แขมมณี.(2561). *ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 22). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

นรีรักษ์ ทองสะอาด. (2559). การพัฒนากระบวนการประเมินทักษะปฏิบัติการเคมีโดยใช้แนวคิดการสืบสอบที่มีการแนะแนวทางสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, *11*(4), 80-92.

นันทวัน นันทวนิช. (2557). *การประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของ PISA*. กรุงเทพฯ: สสวท.

พัณนิดา มีลา, และร่มเกล้า อาจเดช. (2560). การสืบเสาะความรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์: การส่งเสริมความหมายในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร*, *19*(3), 4-14

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, และพเยาว์ ยินดีสุข.(2559). *สอนเด็กทำโครงงานสอนอาจารย์ทำวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์, และพเยาว์ ยินดีสุข.(2561). *ทักษะ 7C ของครู 4.0 PLC&Log book* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัตน์จาณี อรัญเพิ่ม. (2561). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบอุปนัยเสริมด้วยวิธีการแก้ปัญหาของ Wheatley เพื่อเสริมสร้างมโนมติเสียงและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่5 ที่มีการนำตนเองในการเรียนรู้ต่างกัน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 9*(1), 132-152.

บรรณานุกรม (ต่อ)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). *ผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ ความเป็นเลิศความเท่าเทียมทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ผู้แต่ง.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย* (Master's thesis). สืบค้นจาก http://cuir.car.chula.ac.th/handle/123456789/33120

สุทธิชาติ เปรมกมล. (2560). ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น.*วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, *12*, 259-274.

สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). *รายงายการวิจัยเรื่องการศึกษาไทย: การพัฒนาและภาวะถอดถอย*. กรุงเทพฯ: แอดวานส์ พริ้นติ้ง เซอร์วิช จำกัด.

สุพัตรา จันทรโฆษิต. (2552). *ผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสืบสอบร่วมกับเทคนิคการลดบทบาทการส่งเสริมศักยภาพที่มีต่อมโนทัศน์ทางชีววิทยา และความสามรถในการสร้างคำอธิบายของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย* (Unpublished Master's thesis). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

สุวิมล ว่องวาณิช.(2552). *เคล็ดลับการทำวิจัยในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยอักษร

อทิติย์ ชูตระกูลวงศ์. (2557). ผลของการเรียนการสอนแบบสืบสอบโดยใช้คำถามตามการจำแนกประเภทวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูมที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมผสานของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, *9*(1), 384-394.

Brunsell, E. (2012). *Desiening Science Inquiry: Claim + Evidence + Reasoning = Explanation*. Retrieved from http://www.edutopia.org/blog/science-inquiry-claim-evidence- reasoning- eric-brunsell

Caswell, C. J. (2017). Inquiry Based Learning from the Learner's Point of view: A Teacher Candidate's Success story. *Journal of Humanistic Mathematics, 7*(2), 161-185.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Chiappetta, E. L., & Koballa Jr, T. R. (2010). *Science instruction in the middle and secondary school*. Boston: Pearson.

Duran, M. (2016). The effect of the inquiry-based learning approach on student's critical-thinking skill. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education, 12*(12), 2887-2908.

Eisenkraft, A. (2003). Expanding the 5E Model: A Proposed 7E Model Emphasizes Trans of Learning and the Importance of Eliciting Prior Understanding. *The Science Teacher*. *70*(6), 56-59.

Lalley, J. P., & Miller, R. H. (2007). The Learning pyramid: does it point teachers in the right direction?. *Education* , *128*(1), 64-79.

McNeill, K. L., & 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.

McNeill, K. L., Lizotte, D. J., Krajcik, J., & 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.

McNeill, K. L., & Martin, D. (2011). Claim, Evidence and Reasoning: Demystifying data during a unit on simple machines. *Science and Children*, *48*(8), 52-56.

OECD. (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*. Paris: Author.

Pedaste, M. (2015). Phase of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Education Research Review, 14*, 47-61.

Smallhorn, M. (2015). Inquiry- based learning to improve student engagement in a large first year topic. *Student Success*, *6*(2), 65-71.

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.

บรรณานุกรม (ต่อ)

Zangori, L., & Forbe, C. T. (2014). Scientific Prictices in Elementary Classroom: Third-Grade Students' Scientific Explanations for Seed Stucture and Function. *Science Education, 98*(4), 614-639.

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

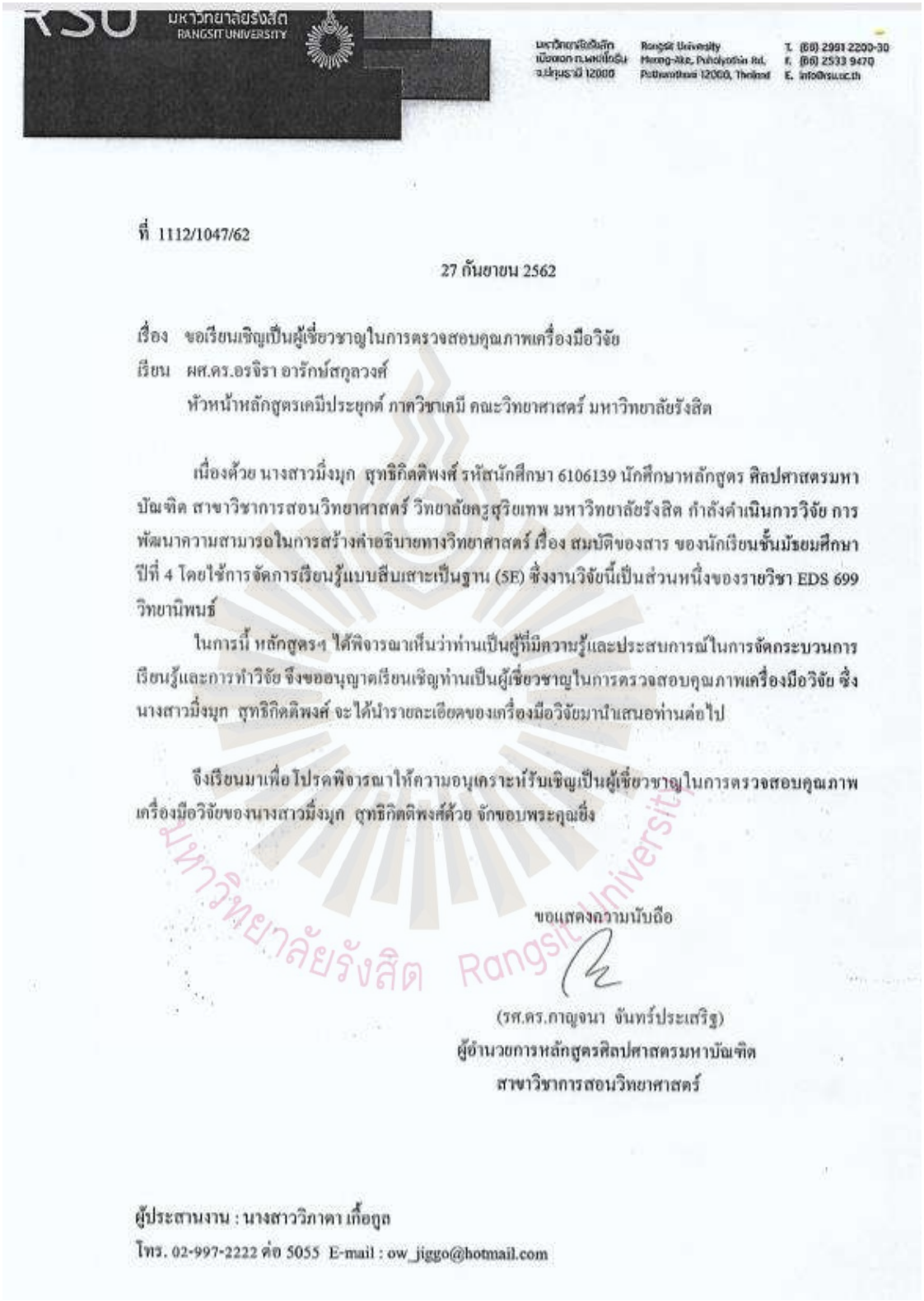
วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้รับความอนุเคราะห์ในกาตรวจสอบความถูกต้อง และให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขปรับปรุงเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้จากผู้เชียวชาญจำนวน 3 ท่านซึ่งมีรายนามดังนี้

1. ผศ.ดร.อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์
   หัวหน้าหลักสูตรเคมีประยุกต์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

2. ผศ.อรพรรณ ทองประสงค์
   อาจารย์ประจำ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

3. นางสุกัญญา กล่อมเกลี้ยง
   ครูชำนาญการ หัวหน้าสาขาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
   โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



มหาวิทยาลัยรังสิต
RANGSIT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยรังสิต
เมืองเอก ก.ม.๔๑ ถนนพหลโยธิน
จ.ปทุมธานี 12000

Rangsit University
Muang-Ake, Paholyothin Rd.
Pathumthani 12000, Thailand

T. (66) 2997 2200-30
F. (66) 2533 9470
E. info@rsu.ac.th

ที่ 1112/1047/62

27 กันยายน 2562

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผศ.ดร.อรจิรา อารักษ์สกุลวงศ์
หัวหน้าหลักสูตรเคมีประยุกต์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

เนื่องด้วย นางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์ รหัสนักศึกษา 6106139 นักศึกษาหลักสูตร ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูสุริยเทพ มหาวิทยาลัยรังสิต กำลังดำเนินการวิจัย การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา EDS 699 วิทยานิพนธ์

ในการนี้ หลักสูตรฯ ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ในการจัดกระบวนการเรียนรู้และการทำวิจัย จึงขออนุญาตเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ซึ่งนางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์ จะได้นำรายละเอียดของเครื่องมือวิจัยมานำเสนอท่านต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์รับเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยของนางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์ด้วย จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รศ.ดร.กาญจนา จันทร์ประเสริฐ)
ผู้อำนวยการหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

ผู้ประสานงาน : นางสาววิภาดา เกื้อกูล
โทร. 02-997-2222 ต่อ 5055 E-mail : ow_jiggo@hotmail.com

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ ก.1 หนังสือเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย (คนที่1)

มหาวิทยาลัยรังสิต
RANGSIT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University T. (66) 2997 2200-39
เขตบางพลี จังหวัดปทุมธานี 12000 Muang-Ake, Pahonyothin Rd. F. (66) 2533 9478
Pathumthani 12000, Thailand E. info@rsu.ac.th

ที่ 1112/1045/62

27 กันยายน 2562

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผศ.อรพรรณ ทองประสงค์

อาจารย์ประจำ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรังสิต

เนื่องด้วย นางสาวมิ่งมุก สุทธิกิดติพงศ์ รหัสนักศึกษา 6106139 นักศึกษาหลักสูตร ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูสุริยเทพ มหาวิทยาลัยรังสิต กำลังดำเนินการวิจัย การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา EDS 699 วิทยานิพนธ์

ในการนี้ หลักสูตรฯ ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ในการจัดกระบวนการเรียนรู้และการทำวิจัย จึงขออนุญาตเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ซึ่งนางสาวมิ่งมุก สุทธิกิดติพงศ์ จะได้นำรายละเอียดของเครื่องมือวิจัยมานำเสนอท่านต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์รับเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยของนางสาวมิ่งมุก สุทธิกิดติพงศ์ด้วย จักขอบพระคุณยิ่ง

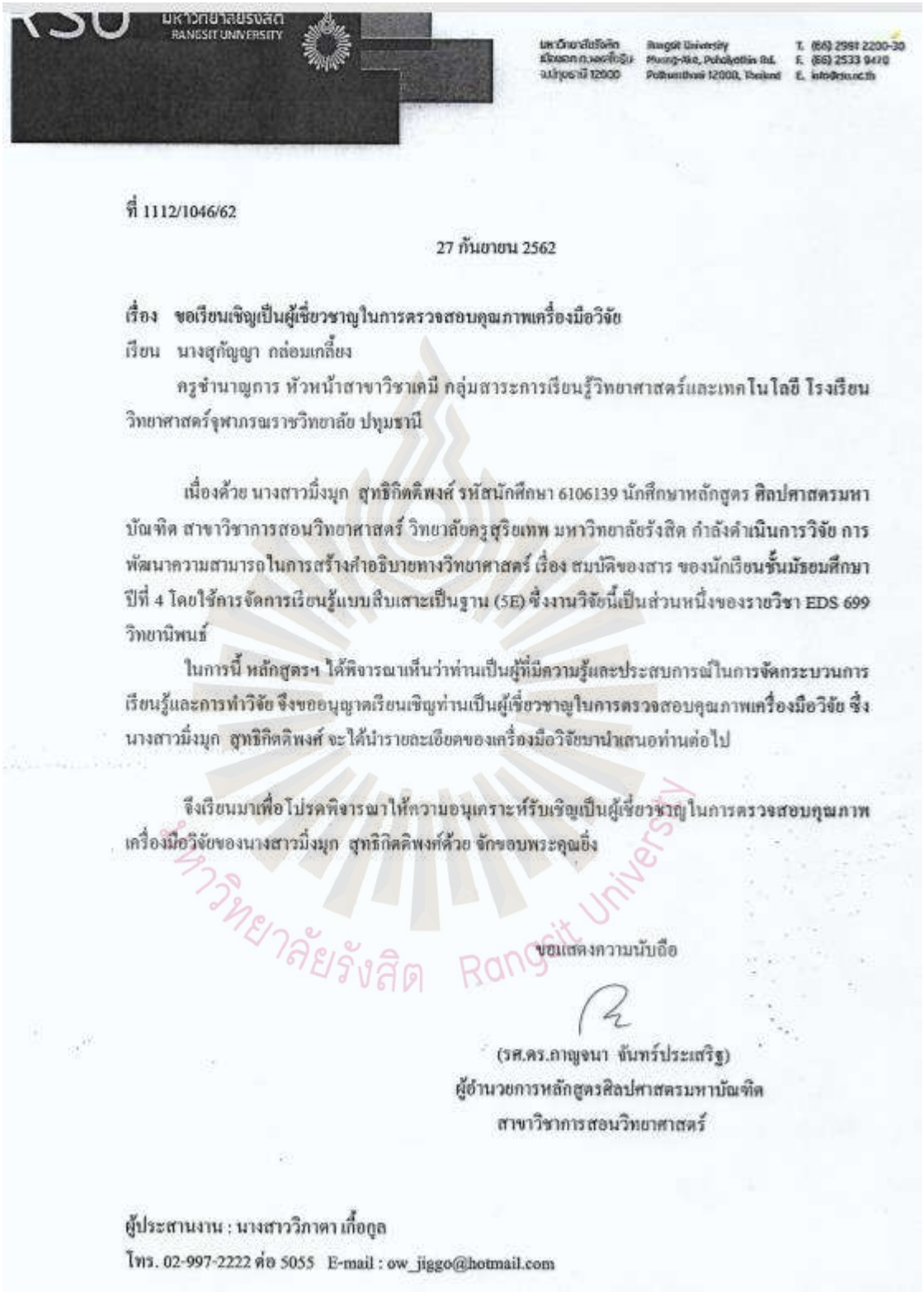
ขอแสดงความนับถือ

(รศ.ดร.กาญจนา จันทร์ประเสริฐ)
ผู้อำนวยการหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

ผู้ประสานงาน : นางสาววิภาดา เอื้อกูล
โทร. 02-997-2222 ต่อ 5055 E-mail : ow_jiggo@hotmail.com

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ ก.2 หนังสือเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย (คนที่2)



มหาวิทยาลัยรังสิต
RANGSIT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยรังสิต
เรียนออก ก.ม.ครีเอชั่น
จ.ปทุมธานี 12000

Rangsit University
Muang-Ake, Pahonyothin Rd.
Pathumthani 12000, Thailand

T. (66) 2997 2200-30
F. (66) 2533 9470
E. info@rsu.ac.th

ที่ 1112/1046/62

27 กันยายน 2562

เรื่อง ขอเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน นางสุกัญญา กล่อมเกลี้ยง

ครูชำนาญการ หัวหน้าสาขาวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี

เนื่องด้วย นางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์ รหัสนักศึกษา 6106139 นักศึกษาหลักสูตร ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ วิทยาลัยครูสุริยเทพ มหาวิทยาลัยรังสิต กำลังดำเนินการวิจัย การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ซึ่งงานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา EDS 699 วิทยานิพนธ์

ในการนี้ หลักสูตรฯ ได้พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้ที่มีความรู้และประสบการณ์ในการจัดกระบวนการเรียนรู้และการทำวิจัย จึงขออนุญาตเรียนเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย ซึ่งนางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์ จะได้นำรายละเอียดของเครื่องมือวิจัยนำเสนอท่านต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์รับเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยของนางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์ด้วย จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รศ.ดร.ภาณุจนา จันทร์ประเสริฐ)
ผู้อำนวยการหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

ผู้ประสานงาน : นางสาววิภาดา เกื้อกูล
โทร. 02-997-2222 ต่อ 5055 E-mail : ow_jiggo@hotmail.com

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

รูปที่ ก.3 หนังสือเรียนเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย (คนที่3)

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง

1. แบบวัดนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ประกอบด้วย แบบวัดชนิดเลือกตอบพร้อมเขียนอธิบายเหตุผล 3 ข้อ และ แบบวัดชนิดเขียนตอบ 5 ข้อ
2. แบบวัดนี้ประกอบด้วยข้อคำถามจำนวน 8 ข้อ ซึ่งแต่ละข้อมีข้อมูลประกอบสำหรับใช้สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับเนื้อหาในเรื่อง สมบัติของสาร ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ข้อที่	รายละเอียด
1-2	แนวโน้มของสมบัติตามตารางธาตุ
4-5	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block ปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม s-block
3,6	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block ปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม p-block
7-8	สมบัติทางกายภาพของธาตุกลุ่ม d-block ปฏิกิริยาเคมีของธาตุกลุ่ม d-block

คำสั่ง

1. แบบวัดชนิดเลือกตอบ ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวโดยทำเครื่องหมาย ☒ ทับตัวเลือกในข้อนั้น พร้อมทั้งเขียนอธิบายเหตุผลลงในข้อย่อยที่ระบุไว้
2. แบบวัดชนิดเขียนตอบ ให้นักเรียนเขียนบรรยายคำตอบ ตามโจทย์ที่ระบุไว้ พร้อมทั้งเขียนอธิบายลงในข้อย่อยที่กำหนดให้อย่างละเอียด
3. กำหนดเวลาในการทำแบบวัด 50 นาที

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

แบบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต

1. น้ำเพชรทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์หาธาตุ unknown ธาตุหนึ่ง พบว่าไอออนของธาตุดังกล่าวรวมกับ CO_3^{2-} ในอัตราส่วน 2:1 ซึ่งมีสมบัติการละลายน้ำได้และธาตุนั้นสามารถทำปฏิกิริยากับน้ำได้ว่องไวที่สุด โดยมีข้อมูลค่าพลังงานไอออไนเซชัน (kJ/mol) ของธาตุ X, Y, Z ที่เป็นธาตุสมมติซึ่ง 1 ใน 3 ธาตุนี้คือธาตุ unknown ที่น้ำเพชรทำการทดลอง ดังนี้

ธาตุ	IE_1	IE_2	IE_3	IE_4	IE_5
X	**520**	**7,200**	**12,000**		
Y	**900**	**1,850**	**15,000**	**21,000**	
Z	**800**	**2,400**	**3,700**	**25,000**	**32,000**

1.1 ธาตุ unknown ในการทดลองของน้ำเพชรคือธาตุใด จงระบุ

……

……

……

……

1.2 จงอธิบาย (แนวคิดและเหตุผลในการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลอย่างไรและเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะไร)

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

2. จากข้อมูลรัศมีอะตอม และรัศมีไอออนของธาตุ M D J และ Q ดังตาราง

ธาตุ	รัศมีอะตอม (°A)	รัศมีไอออน (°A)
M	0.74	1.40
D	1.23	0.60
J	1.36	0.65
Q	0.99	1.81

จงตอบคำถามต่อไปนี้

2.1 ธาตุที่เมื่อเป็นไอออนแล้วจะเป็นไอออนลบ คือ ธาตุใด

……

……

……

……

2.2 จงอธิบาย (แนวคิดและเหตุผลในการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลอย่างไรและเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะไร)

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

3. ณิชาทำการทดลองศึกษาข้อมูลของธาตุ A, L และ A_xL_y โดยทำการทดสอบการละลายน้ำ การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส และการทำปฏิกิริยากับ Cl_2/CCl_4 ได้ผลการทดลองดังนี้

การทดสอบ	**ธาตุ A**	**ธาตุ L**	**สารประกอบ A_xL_y**
การละลายน้ำ	ละลาย	ละลาย	ละลาย
การเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส	เปลี่ยนจากแดงเป็นน้ำเงิน	เปลี่ยนจากน้ำเงินเป็นแดง	ไม่เปลี่ยนสี
การทำปฏิกิริยากับ Cl_2/CCl_4	เกิดปฏิกิริยาชั้น CCl_4 ไม่มีสี	ไม่มีข้อมูล	เกิดปฏิกิริยาชั้น CCl_4 มีสีเหลืองส้ม

จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 สารประกอบ A_xL_y ควรเป็นสารในข้อใด

ก. $CaBr_2$ ข. NaCl ค. MgI_2 ง. NaI

3.2 จงอธิบาย (แนวคิดและเหตุผลในการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลอย่างไรและเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะไร)

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4. ณภัทรศึกษาข้อมูลพลังงานแลตทิช (ΔH_{latt}) และพลังงานไฮเดรชัน (ΔH_{hyd}) ดังตารางของเกลือฟลูออไรด์และไอโอไดด์ของโลหะแอลคาไลคือ LiF, KI และ LiI ดังข้อมูลในตาราง เพื่อทำนายสภาพการละลายได้ในน้ำของเกลือใดมีค่ามากที่สุด

ตาราง: แสดงค่าพลังงานแลตทิช (ΔH_{latt}) และพลังงานไฮเดรชัน (ΔH_{hyd}) ของเกลือ LiF, KI และ LiI

เกลือ	**พลังงานแลตทิช (ΔH_{latt}) kJ/mol**	**พลังงานไฮเดรชัน (ΔH_{hyd}) kJ/mol**
LiF	1,050	-940
KI	640	-583
LiI	730	-747

จงตอบคำถามต่อไปนี้

4.1 สภาพการละลายได้ในน้ำของเกลือใดมีค่ามากที่สุด จงระบุ

……

……

……

……

4.2 จงอธิบาย (แนวคิดและเหตุผลในการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลอย่างไรและเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะไร)

……

……

……

……

……

……

……

……

5. ให้นักเรียนพิจารณาสมบัติออกไซด์ของธาตุสมมติ Q, T, E, และ M ดังตาราง

สาร	จุดหลอมเหลว (°C)	จุดเดือด (°C)	ความเป็นกรด-เบส
Q_2O	1,438	2,600	เบส
TO	2,530	≈3,900	กรด
E_2O_3	460	≈1,860	กรด
MO_2	-57	-78.5 (ระเหิด)	กรด

จงตอบคำถามต่อไปนี้

5.1 ข้อความใดต่อไปนี้สรุปถูกต้อง

ก. สารประกอบคลอไรด์ของ Q, T และ E จะมีสูตร QCl_2, TCl และ ECl_3

ข. สารประกอบระหว่าง Q และ M มีสูตร Q_2M

ค. จำนวนเวเลนต์อิเล็กตรอนของ T > E > M

ง. ไม่อาจเกิดสารประกอบโคเวเลนต์ระหว่างธาตุ Q และ T ได้

5.2 จงอธิบาย (แนวคิดและเหตุผลในการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลอย่างไรและเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะไร)

……

……

……

……

……

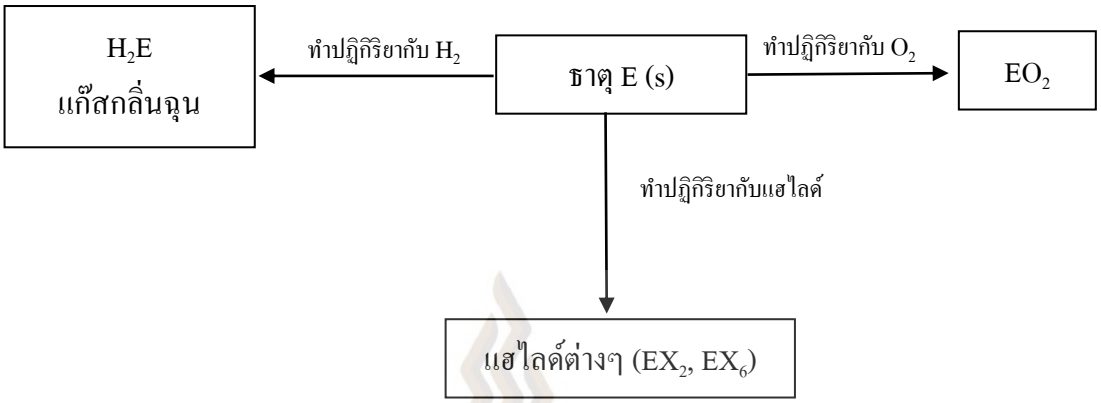
……

……

……

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

6. ธาตุ E มีการจัดเรียงเวเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น $ns^2\ np^4$ จัดเป็นธาตุบล็อก p ในตารางธาตุ การทำปฏิกิริยาระหว่างธาตุ E กับสารประกอบต่างๆได้ผลการทดลองแสดงในแผนภาพต่อไปนี้



จงตอบคำถามต่อไปนี้

6.1 จงระบุว่าธาตุ E คือธาตุใด

……

……

……

……

6.2 จงอธิบาย (แนวคิดและเหตุผลในการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลอย่างไรและเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะไร)

……

……

……

……

……

……

……

……

7.จากการศึกษาสมบัติของสารประกอบของโครเมียม ผลการทดลองเป็นดังนี้ เมื่อนำสารละลาย $K_2Cr_2O_7$ (สารละลายสีส้ม) มาทำปฏิกิริยากับกรด H_2SO_4 และ H_2O_2 พบว่าสารละลายเปลี่ยนจากสีส้มเป็นสีเขียวขณะเดียวกันก็สังเกตเห็นฟองแก๊สเกิดขึ้น เมื่อทดสอบแก๊สด้วยธูปพบว่าแก๊สมีคุณสมบัติช่วยให้ไฟติด

กำหนดให้

สูตร (ชื่อ)	**สี**
Cr^{2+} (โครเมียม(II)ไอออน)	น้ำเงิน
Cr^{3+} (โครเมียม(III)ไอออน)	เขียว
$Cr_2O_7^{2-}$ (ไดโครเมตไอออน)	ส้ม

จงตอบคำถามต่อไปนี้

7.1 จงเขียนแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

……

……

……

……

7.2 จงอธิบาย (แนวคิดและเหตุผลในการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลอย่างไรและเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะไร)

……

……

……

……

……

……

……

……

……

……

8 ในการทดสอบธาตุชนิดหนึ่ง ผู้ทำการทดลองได้ทำการทดลองเพื่อรวบรวมข้อมูลต่างๆ ได้ผลดังนี้

การทดลอง	ผลการทดลอง
I.การวัดการนำไฟฟ้า	นำไฟฟ้าได้ดี
II.ละลายในกรด HCl แล้วดูสีของสารละลาย	สีเขียว และเกิดแก๊ส
III.เผากับคลอรีน แล้วนำของแข็งสีม่วงเข้มที่ได้มารีดิวซ์ด้วยผงสังกะสี	ได้สารละลายสีฟ้า ซึ่งเปลี่ยนเป็นสีเขียวเมื่อมีออกซิเจน
IV.เผากับออกซิเจนและนำไปวัดค่าการนำไฟฟ้า	ไม่นำไฟฟ้า
V.ความหนาแน่น	7.1 g/cm^3
VI.วัดกัมมันตภาพรังสี	ไม่มี

จงตอบคำถามต่อไปนี้

8.1 ธาตุดังกล่าวเป็นธาตุทรานซิชันหรือไม่ และผลการทดลองข้อใดเป็นข้อมูลสนับสนุนที่สำคัญ

สรุป	**ผลการทดลองที่สนับสนุนคำตอบ**
1.เป็น	I, II, IV
2.เป็น	II, III
3.เป็น	II, IV, V
4.ไม่เป็น	I, IV, V, VI

8.2 จงอธิบาย (แนวคิดและเหตุผลในการลงข้อสรุปจากการใช้ข้อมูลอย่างไรและเกี่ยวข้องกับทฤษฎีอะไร)

……

……

……

……

……

……

แบบบันทึกการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แผนการจัดการเรียนรู้ที่.....

เรื่อง ..... **กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี**

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 **ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562**

รายวิชา ว30221 สมบัติของสาร **วันที่ .....**

ผู้สอน นางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ		**พฤติกรรมนักเรียน**	**ปัญหาอุปสรรคที่พบ**		**แนวทางแก้ไขปัญหา**
ขั้น	**สิ่งที่ปฏิบัติ**		**จากนักเรียน**	**จากครู**	
1.ขั้นสร้างความสนใจ					
2.ขั้นสำรวจค้นหา					
3.ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป					
4.ขั้นขยายความรู้					
5.ขั้นประเมินผล					

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

อนุทินสะท้อนคิดของผู้เรียน

K **(นร.รู้อะไรบ้าง)**	**W** **(สิ่งที่นร.ต้องการรู้)**	**L** **(สิ่งที่นร.ได้เรียนรู้)**

สิ่งที่อยากให้ครูปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป

ปัญหาอุปสรรคที่นักเรียนพบระหว่างเรียน

ความรู้สึกของผู้เรียนในระหว่างจัดการเรียนรู้

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินคะแนนแต่ละองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสาร แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ (ข้อที่ 1-2)

ข้อที่ 1

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	**1**	**0**
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุธาตุ unknown ในการทดลองได้ถูกต้อง คือ ธาตุ X	-	ระบุธาตุ unknown ในการทดลองได้ไม่ถูกต้อง เช่น ธาตุ Y หรือ ธาตุ Z
หลักฐาน	เขียนแสดงหลักฐานที่เหมาะสม และยกตัวอย่างข้อมูลได้ครบถ้วนสมบูรณ์ เช่น พลังงานไอออไนเซชันของธาตุ X, Y, Z ว่าธาตุ X มีเวเลนอิเล็กตรอน = 1 และเป็นธาตุหมู่ IA ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการวิเคราะห์ไอออนของธาตุ unknown สามารถรวมตัวกับ CO_3^{2-} ในอัตราส่วน 2:1 โดยโมล และมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับน้ำ	เขียนแสดงหลักฐานที่เหมาะสม และยกตัวอย่างข้อมูลได้แต่ไม่ครบถ้วน เช่น พลังงานไอออไนเซชันของธาตุ X, Y, Z ว่าธาตุ X มีเวเลนอิเล็กตรอน = 1 และเป็นธาตุหมู่ IA ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการวิเคราะห์ไอออนของธาตุ unknown สามารถรวมตัวกับ CO_3^{2-} ในอัตราส่วน 2:1 โดยโมล หรือพลังงานไอออไนเซชันของธาตุ X, Y, Z ว่าธาตุ X มีเวเลน	เขียนแสดงหลักฐานอื่นซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ธาตุ unknown

ข้อที่ 1

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	**1**	**0**
		อิเล็กตรอน = 1 และเป็นธาตุหมู่ IA ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองการวิเคราะห์ไอออนของธาตุ unknown และมีความว่องไวต่อการทำปฏิกิริยากับน้ำ	
การให้เหตุผล	เขียนระบุเหตุผลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าพลังงานไอออไนเซชันของธาตุ X ข้อมูลการรวมตัวกับไอออน CO_3^{2-} โดยมีการเขียนแสดงสูตรโมเลกุลของสารประกอบที่เกิดขึ้นและเขียนแสดงการทำปฏิกิริยาของธาตุหมู่ IA อย่างถูกต้องสมบูรณ์ เช่น X มีเวเลนอิเล็กตรอน = 1 และเป็นธาตุหมู่ IA ดังนั้นธาตุที่สามารถรวมกับคาร์บอเนตใน	เขียนระบุเหตุผลที่แสดงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ให้กับข้อกล่าวอ้าง ได้แก่ค่าพลังงานไอออไนเซชันของธาตุ X ข้อมูลการรวมตัวกับไอออน CO_3^{2-}และการทำปฏิกิริยาของธาตุหมู่ IA ได้บางส่วน และไม่มีการเขียนสูตรโมเลกุลสารประกอบคาร์บอเนต หรือไม่เขียนแสดงสมการปฏิกิริยาของธาตุหมู่ IA กับน้ำ เช่น X มีเวเลนอิเล็กตรอน = 1 และ	เขียนระบุเหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องข้อมูลที่กำหนดให้ในการวิเคราะห์ธาตุ unknown

ข้อที่ 1

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	**1**	**0**
	อัตราส่วน 2 ต่อ 1 ได้ต้องเป็นธาตุในหมู่ IA เพราะธาตุในหมู่ IA มีเวเลนอิเล็กตรอน 1 ve^- ในขณะที่ CO_3^{2-} เป็นกลุ่มไอออนที่มี 2 ve^- สูตรโมเลกุลจึงเป็น X_2CO_3 มีอัตราส่วน $X^+ : CO_3^{2-} = 2 : 1$ โดยโมล และธาตุที่สามารถรวมกับน้ำได้ว่องไวที่สุดคือธาตุ X เพราะเป็นธาตุในหมู่ IA ซึ่งมีปฏิกิริยาการเกิดดังนี้ $2X\,(s) + 2H_2O\,(l) \rightarrow 2X^+\,(aq) + 2OH^-\,(aq) + H_2\,(g)$)	เป็นธาตุหมู่ IA ดังนั้นธาตุที่สามารถรวมกับคาร์บอเนตในอัตราส่วน 2 ต่อ 1 ได้ต้องเป็นธาตุในหมู่ IA เพราะธาตุในหมู่ IA และและธาตุที่สามารถรวมกับน้ำได้ว่องไวที่สุดคือธาตุ X เพราะเป็นธาตุในหมู่ IA	

ข้อที่ 2

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	**1**	**0**
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุธาตุได้ถูกต้องสมบูรณ์คือ ธาตุ M และ Q	ระบุธาตุได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์ เช่น ธาตุ M หรือ ธาตุ Q เพียงธาตุใดธาตุหนึ่ง	ระบุธาตุได้ไม่ถูกต้อง เช่น ธาตุ D หรือ ธาตุ J
หลักฐาน	เขียนแสดงหลักฐานที่เหมาะสม และยกตัวอย่างข้อมูลได้ครบถ้วนสมบูรณ์ มีการเขียนแสดงข้อมูลชัดเจน เช่น ธาตุ M และ Q มีขนาดรัศมีไอออนยาวกว่ารัศมีอะตอม คือ ธาตุ M มีรัศมีอะตอม 0.74 A, มีขนาดรัศมีไอออน 1.40 A และธาตุ Q มีรัศมีอะตอม 0.99 A, มีขนาดรัศมีไอออน 1.81 A	เขียนแสดงหลักฐานที่เหมาะสม และยกตัวอย่างข้อมูลได้แต่ไม่ครบถ้วน หรือไม่เขียนแสดงข้อมูลที่ชัดเจน เช่น ธาตุ M และ Q มีขนาดรัศมีไอออนยาวกว่ารัศมีอะตอม (ระบุครบแต่ไม่เขียนแสดงข้อมูลที่ชัดเจน) หรือ ธาตุ M คือ ธาตุ M มีรัศมีอะตอม 0.74 A, มีขนาดรัศมีไอออน 1.40 A (ไม่ระบุธาตุ Q)	เขียนแสดงหลักฐานอื่นซึ่งไม่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์ธาตุ
การให้เหตุผล	เขียนระบุเหตุผลที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีอะตอมและรัศมีไอออนกับขนาดของอนุภาค ได้	เขียนระบุเหตุผลที่แสดงความสัมพันธ์ข้อมูลรัศมีอะตอมและรัศมีไอออนกับขนาดของอนุภาค ได้ แต่ไม่	เขียนระบุเหตุผลที่ไม่เกี่ยวข้องข้อมูลที่กำหนดให้ในการวิเคราะห์ธาตุ

ข้อที่ 2

องค์ประกอบ	ระดับ		
	2	**1**	**0**
	ครบถ้วนสมบูรณ์ เช่น ธาตุ M และQ มีขนาดรัศมีไอออนยาวกว่ารัศมีอะตอม ดังนั้นไอออนของธาตุ M และ Q จึงควรเป็นไอออนลบเพราะขนาดของไอออนลบใหญ่กว่าขนาดของอะตอมที่เป็นกลาง	ครบถ้วนสมบูรณ์ เช่น ธาตุ M และ Q มีขนาดรัศมีไอออนยาวกว่ารัศมีอะตอม ดังนั้นไอออนของธาตุ M และ Q จึงควรเป็นไอออนลบ (ไม่เขียนแสดงแนวโน้มว่าไอออนลบมีขนาดใหญ่กว่าไอออนบวก) หรือ ธาตุ M มีขนาดรัศมีไอออนยาวกล่ารัศมีอะตอม ดังนั้นไอออนของธาตุ M จึงควรเป็นไอออนลบเพราะขนาดของไอออนลบใหญ่กว่าขนาดของอะตอมที่เป็นกลาง (ตอบได้ไม่ครบถ้วนคือ ตอบมาเพียงธาตุใดธาตุหนึ่ง)	

โรงเรียนวิทยาศาสตร์จุฬาภรณราชวิทยาลัย ปทุมธานี

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562

รหัสวิชา ว30221 รายวิชา สมบัติของสาร ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง: วิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตาราง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง วิวัฒนาการตารางธาตุ

แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ เวลา 2 คาบเรียน

ครูพี่เลี้ยง คุณครูสุกัญญา กล่อมเกลี้ยง **นักศึกษาฝึกประสบการณ์** นางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์

.....

1. มาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด

สาระเคมี

มาตรฐาน ว 1 : เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุพันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด ว 1 : ม.4-6/3 อธิบายและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก ระดับพลังงานย่อได้เมื่อทราบเลขอะตอมของธาตุ

: ม.4-6/4 ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะของธาตุเรพรีเซนเททีฟ

: ม.4-6/5 วิเคราะห์ และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรพรีเซนเททีฟตามหมู่ตามคาบ

2. สาระสำคัญ

การศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของอะตอมแก๊สทำให้ทราบว่า อิเล็กตรอนจัดเรียงอยู่รอบๆนิวเคลียสในระดับพลังงานหลักต่างๆ และแต่ละระดับพลังงานหลักยังแบ่งเป็นระดับพลังงานย่อยซึ่งบริเวณที่จะพบอิเล็กตรอน เรียกว่า ออร์บิทัล ได้แตกต่างกันและอิเล็กตรอนจะจัดเรียงในออร์บิทัลให้มีระดับพลังงานต่ำที่สุดสำหรับอะตอมในสถานะพื้น

ตารางธาตุที่ใช้ในปัจจุบัน เป็นผลจากการรวบรวมการหาความสัมพันธ์ของธาตุ ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ในยุคสมัยต่างๆเป็นผู้รวบรวมและมีการจัดเรียงธาตุเป็นหมวดหมู่ จนกระทั่งเป็นตารางธาตุที่สมบูรณ์ในปัจจุบันซึ่งมีการจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมและสมบัติที่คล้ายคลึงกันเป็นหมู่

และคาบโดยอาจแบ่งธาตุในตารางธาตุเป็นกลุ่มธาตุโลหะ กึ่งโลหะ และอโลหะ นอกจากนี้อาจแบ่งเป็นกลุ่มธาตุเรพรีเซนเททีฟและกลุ่มธาตุทรานซิชัน

ธาตุเรพรีเซนเททีฟในหมู่เดียวกันมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน แลธธาตุที่อยู่ในคาบเดียวกันมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลักเดียวกัน ธาตุเรพรีเซนเททีฟมีสมบัติบางประการเป็นไปตามหมู่และคาบ เช่น ขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโทรเนกิวิตี สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

<u>ด้านความรู้ (K)</u>

1.อธิบายแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์หรือวิวัฒนาการของตารางธาตุในแต่ละยุคโดยใช้ข้อมูล หรือประจักษ์พยานของตารางธาตุในแต่ละยุคสมัยได้

2.ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะของธาตุเรพรีเซนเททีฟพร้อมทั้งสามารถอธิบายและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก ระดับพลังงานย่อได้เมื่อทราบเลขอะตอม

3.วิเคราะห์ และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรพรีเซนเททีฟตามหมู่ตามคาบเกี่ยวกับขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโทรเนกาติวิตี สัมพรรคภาพอิเล็กตรอนพร้องทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้

<u>ด้านทักษะ (P)</u>

1. ทักษะการคิดวิเคราะห์
2. ทักษะการสร้างคำอธิบายแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ
3. ทักษะการสรุปความคิดรวบยอด
4. ทักษะการทำงานเป็นทีมและการให้ความร่วมมือ

<u>ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)</u>

1. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และมีความกระตือรือร้น
2. มีวินัย ประพฤติปฏิบัติตามกฎระเบียบ ข้อบังคับ กติกาและข้อตกลงของส่วนรวม
3. ใฝ่เรียนรู้ มีความตั้งใจศึกษาเล่าเรียน มีเหตุผล มีความอยากรู้อยากเห็น
4. มุ่งมั่นในการทำงาน มีความมุ่งมั่นทำงานให้บรรลุผลด้วยความสามารถของตนเองและเพียรพยายามทำหน้าที่การงานอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอด้วยความอดทน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

4.สาระการเรียนรู้

<u>ด้านความรู้ (K)</u>

วิวัฒนาการของการสร้างตารางธาตุ

ในปี 1817 Johann Dobereiner จัดเรียงธาตุเป็นหมู่ หมู่ละ 3 ธาตุตามสมบัติที่คล้ายคลึงกัน โดยเรียงตามมวลอะตอมจากน้อยไปหามาก เรียกว่า Law of Triads ซึ่งมวลอะตอมของธาตุตัวกลางมีค่าเป็นค่าเฉลี่ยของมวลอะตอมธาตุที่เหลือ ดังสมการความสัมพันธ์ต่อไปนี้

X
Y
Z

$$\text{มวลอะตอมของธาตุ Y} = \frac{\text{มวลอะตอมของธาตุ X + มวลอะตอมของธาตุ Z}}{2}$$

ตัวอย่างเช่น

Li 7	Ca 40	Cl 35
Na 23	Sr 88	Br 80
K 39	Ba 137	I 129

แต่เมื่อนำหลัก Triads มาใช้กับธาตุกลุ่มอื่น เช่น Cu, Ag, และ Au กลับพบว่ามวลอะตอมของธาตุตักลางไม่ได้มีค่าเป็นค่าเฉลี่ยของมวลอะตอมธาตุที่เหลือในแต่ละกลุ่ม

ในปี 1866 John Newland พบว่าถ้านำธาตุมาเรียงลำดับตามมวลอะตอมจากน้อยไปมากจะพบว่า ธาตุตัวที่ 8 จะมีสมบัติคล้ายธาตุตัวที่ 1 โดยเริ่มจากธาตุใดก็ได้ ไม่รวมไฮโดรเจน กับแก๊สมีตระกูล เรียกว่า Law of Octaves ซึ่งกฎนี้ใช้ได้กับธาตุที่มีน้ำหนักอะตอมไม่เกินน้ำหนักอะตอมของแคลเซียม (ธาตุ 20 ตัวแรก) และไม่สามารถอธิบายได้ว่า “ทำไมมวลอะตอมจึงมีความเกี่ยวข้องกับความคล้าคลึงกันของธาตุ”

ในปี 1869-1870 Julius Lothar Meyer & Dmitri lvanovich Mendeleev พบว่าถ้าเรียงตามมวลอะตอมจากน้อยไปหามาก แล้วแบ่งเป็นแถวให้เหมาะสม ธาตุที่มีสมบัติทางเคมีและกายภาพคล้ายกันจะปรากฏอยู่ตรงกันเป็นช่วงๆสมบัติของธาตุต่างๆ เป็นฟังก์ชันพิริออดิกของมวลอะตอมของธาตุเหล่านั้น เรียกว่า Periodic Law

ตัวอย่างตารางธาตุในยุคของ Julius Lothar Meyer & Dmitri lvanovich Mendeleev

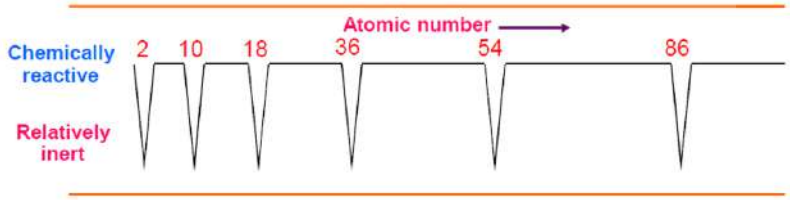
Group / Period	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H=1							
2	Li=7	Be=9.4	B=11	C=12	N=14	O=16	F=19	
3	Na=23	Mg=24	Al=27.3	Si=28	P=31	S=32	Cl=35.5	
4	K=39	Ca=40	?=44	Ti=48	V=51	Cr=52	Mn=55	Fe=56,Co=59 Ni=59
5	Cu=63	Zn=65	?=68	?=72	As=75	Se=78	Br=80	
6	Rb=85	Sr=87	?Yt=88	Zr=90	Nb=94	Mo=96	?=100	Ru=104,Rh=104 Pd=106
7	Ag=108	Cd=112	In=113	Sn=118	Sb=122	Te=125	J=127	
8	Cs=133	Ba=137	?Di=138	?Ce=140				
9								
10			?Er=178	?La=180	Ta=182	W=184		Os=195,Ir=197 Pt=198
11	Au=199	Hg=200	Tl=204	Pb=207	Bi=208			
12				Th=231		U=240		

แต่ยังคงมีข้อบกพร่องของการจัดเรียงธาตุของ Dmitri lvanovich Mendeleev คือตำแหน่งของธาตุบางธาตุปรากฏตำแหน่งของธาตุบางธาตุจะปรากฏอยู่ในกลุ่มที่มีสมบัติทางเคมีและทางกายภาพที่แตกต่างไป จึงต้องยกเว้น ไม่เรียงตามมวลอะตอมเป็นบางธาตุ เช่น ธาตุ Te, I ถ้าจัดธาตุทั้งสองเรียงตามลำดับมวลอะตอมแล้ว ธาตุทั้งสองจะไม่ได้อยู่หมู่เดียวกับธาตุที่มีสมบัติคล้ายคลึกกัน จึงต้องมีการสลับตำแหน่ง

ในปี 1913 Henry Mosely ได้เสนอให้เรียงธาตุตามเลขอะตอม เนื่องจากสมบัติต่างๆของธาตุ มีความสัมพันธ์กับประจุบวกในนิวเคลียสหรือเลขอะตอมมากกว่ามวลอะตอม โดยจัดเรียงธาตุตามเลขอะตอมจากน้อยไปหามาก กล่าวคือตำแหน่งของธาตุในตารางธาตุ น่าจะขึ้นอยู่กับสมบัติอื่นที่มีความสัมพันธ์กับมวลอะตอม คือ เลขอะตอม ซึ่งเมื่อจัดเรียงแล้วมีความสอดคล้องกับกฎพีรีออกดิก (Periodic Law) และพัฒนาขึ้นจากตารางธาตุของเมเดเลเอฟ

ซึ่งกฎพีรีออกดิก (Periodic Law) กล่าวว่า “สมบัติของธาตุเป็น periodic function ของ atomic number” นั้นคือ การเรียงธาตุไปตามลำดับ atomic number จะพบว่ามีธาตุที่มีสมบัติคล้ายกันอยู่ห่างกันเป็นช่วงๆสม่ำเสมอ

ตัวอย่างสมบัติเฉื่อยของธาตุจะเกิดห่างกันเป็นช่วงๆ



ตารางธาตุในปัจจุบัน

1.จัดเรียงธาตุตามแนวนอนโดยเรียงลำดับ เลขอะตอมที่เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา:แถวตามแนวนอน (คาบ) มี 7 คาบ

2.ธาตุในแถวตามแนวตั้ง(หมู่) มีทั้งหมด 18 แถว ซึ่งมีตัวเลขกำกับแบ่งออกเป็นหมู่ย่อย A (8 หมู่; Representative elements) และ B (Transition elements)

3.ธาตุ 2 แถวล่าง ซึ่งแยกไว้นั้น เป็นธาตุทรานซิชันชั้นใน (Inner transition elements)

-แถวบน คือ กลุ่มธาตุแลนทาไนด์ (Lanthanide series)

-แถวล่าง คือ กลุ่มธาตุแอกทิไนด์ (Actinide series)

4.ธาตุที่เป็นโลหะและอโลหะจะถูกแยกออกจากกันด้วย เส้นขั้นบันได (ธาตุกึ่งโลหะ ได้แก่ B, Si, Ge, As, Sb, Te และ At)

5.ธาตุต่างๆในตารางธาตุแบ่งเป็น 3 ชนิด

-ธาตุโลหะ (Metal) มีอยู่ทั้งหมด 3 ใน 4 ของธาตุทั้งหมดในตารางธาตุ นำไฟฟ้าได้ดี แต่จะนำไฟฟ้าลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นแบ่งเป็น โลหะเบา ได้แก่ ธาตุหมู่ 1A, 2A และโลหะหนัก ได้แก่ ธาตุ 1B-8B (Transition element)

-ธาตุอโลหะ (Non-metal) มีอยู่ทั้งหมด 1 ใน 4 ของธาตุทั้งหมดในตารางธาตุ ไม่นำไฟฟ้าหรือนำไฟฟ้าได้น้อยมาก เรียกว่า ฉนวน

-ธาตุกึ่งโลหะ (Semimetal or Metalliod) นำไฟฟ้าได้ไม่ดี แต่จะนำไฟฟ้าได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

6.ธาตุไฮโดรเจนมีสมบัติบางอย่างคล้ายธาตุหมู่ 1 และมีสมบัติบางอย่างคล้ายธาตุหมู่ 7

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า

ลักษณะของธาตุในหมู่เดียวกัน	ลักษณะของธาตุในคาบเดียวกัน
1.เวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากัน 2.ธาตุในหมู่ 1A ถึง 8A ยกเว้นธาตุทรานซิชันมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนเท่ากับเลขที่ของหมู่ 3.ธาตุในหมู่เดียวกันจะมีจำนวนระดับพลังงานไม่กันโดยมีจำนวนระดับพลังงานเพิ่มขึ้นจากบนลงล่าง	1. ธาตุในคาบเดียวกันมีระดับพลังงานเท่ากัน 2.ธาตุในคาบเดียวกันมีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากัน จะเพิ่มจากซ้ายไปขวา ยกเว้นทรานซิชัน

-การตั้งชื่อธาตุที่ค้นพบใหม่

การตั้งชื่อธาตุที่ค้นพบในยุคแรกจะใช้ชื่อนักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบ ธาตุบางธาตุถูกค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์หลายคณะ ทำให้มีชื่อเรียกและสัญลักษณ์ต่างกัน เช่น

IUPAC กำหนดระบบการตั้งชื่อขึ้นใหม่ โดยใช้กับชื่อธาตุที่มีเลขอะตอมเกิน 100 ขึ้นไป ทั้งนี้ให้ตั้งชื่อธาตุโดยระบุเลขอะตอมเป็นภาษาละตินแล้วลงท้ายด้วย -ium

ระบบการนับเลขในภาษาละตินเป็นดังนี้

0 = nil (นิล)		1 = un (อุน)	
2 = bi (ไบ)		3 = tri (ไตร)	
4 = quad (ควอด)		5 = pent (เพนท์)	
6 = hex (เฮกซ์)		7 = sept (เซปท์)	
8 = oct (ออกตฺ)		9 = enn (เอนน์)	

และIUPAC ได้ประกาศสัญลักษณ์ธาตุใหม่อย่างเป็นทางการจำนวน 4 ธาตุ คือ Nihonium (Nh), Moscovium (Mc), Tennessine (Ts) และ Oganesson (Og) ซึ่งเป็นธาตุลำดับที่ 113, 115, 117 และ 118 ตามลำดับ

-การจัดเรียงอิเล็กตรอนของธาตุในตารางธาตุ

หลักการจัดเรียงอิเล็กตรอน

1.หลักการกีดกันของเพาลี คือ อิเล็กตรอนคู่หนึ่งในออร์บิทัลเดียวกันจะหมุนรอบตัวเองแตกต่างกัน

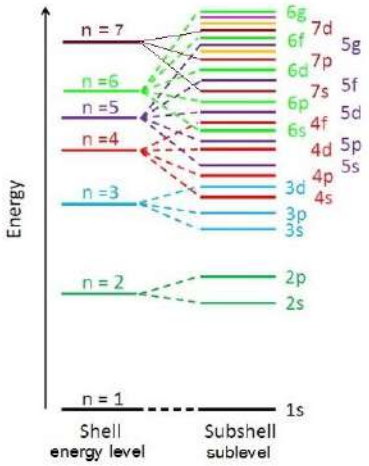
2.กฎของฮุนด์ คือ สำหรับการบรรจุออร์บิทัลที่มีระดับพลังงานเท่ากันมากกว่า 1 ออร์บิทัลขึ้นไป (p d f) จะบรรจุในลักษณะที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวมากที่สุด จึงทำให้ทราบสมบัติแม่เหล็กของธาตุได้

-Paramagnetic: อะตอมที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวในออร์บิทัล โดยสมบัติแม่เหล็กจะมากขึ้นถ้าจำนวนอิเล็กตรอนเดี่ยวมาก

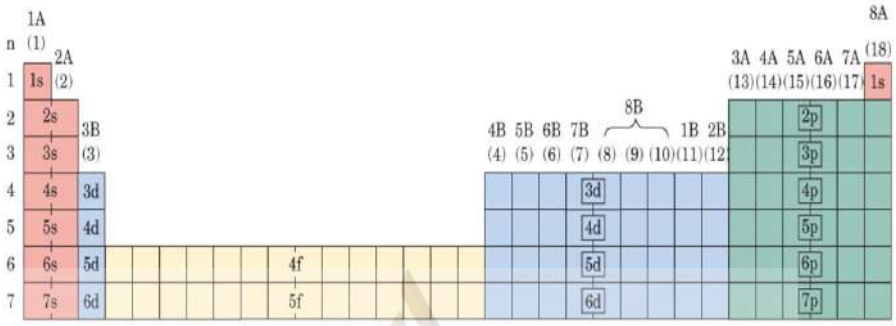
-Diamagnetic: อะตอมที่มีไม่อิเล็กตรอนเดี่ยวในออร์บิทัล ไม่มีสมบัติแม่เหล็ก

3.หลักของเอาฟบาว คือ การบรรจุอิเล็กตรอนต้องบรรจุในออร์บิทัลที่มีพลังงานต่ำสุดและว่างอยู่ก่อนเสมอ

Orbital ตามระดับพลังงาน: 1s 2s 2p 3s 3p 4s 3d 4p 5s 4d 5p 6s 4f 5d 6p 7s 5f 6d 7p



ตัวอย่างตารางธาตุซึ่งแสดงตำแหน่งของออร์บิทัลที่มีการเติมอิเล็กตรอนตัวสุดท้ายของธาตุในตารางพีริออดิก

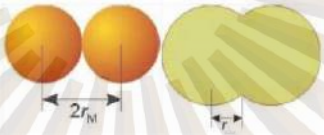


แนวโน้มสมบัติตามตารางธาตุ

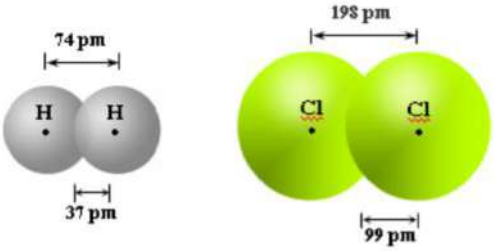
-ขนาดอะตอมและขนาดไอออน

รัศมีอะตอม อาจหมายถึง รัศมีโลหะ รัศมีโคเวเลนต์ หรือรัศมีเวนเดอร์วาลส์ ขึ้นอยู่กับพันธะระหว่างอะตอมที่ศึกษา ซึ่งมีนิยามดังนี้

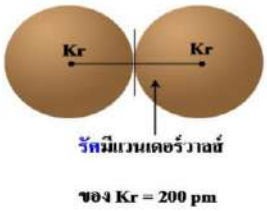
1.รัศมีโลหะ: วัดจากความยาวพันธะโลหะหารด้วย 2 หรือ ระยะห่างระหว่างนิวเคลียสของโลหะ 2 อะตอมหารด้วย 2

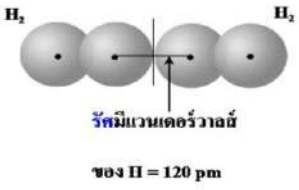


2.รัศมีโคเวเลนต์: วัดจากความยาวพันธะโคเวเลนต์หารด้วย 2 หรือ ระยะห่างระหว่างนิวเคลียสของทั้ง 2 อะตอมที่สร้างพันธะโคเวเลนต์กันหารด้วย 2



3.รัศมีเวนเดอร์วาลส์: วัดจากความยาวระหว่างนิวเคลียสของอะตอมทั้ง 2 ที่ไม่ได้สร้างพันธะกันหารด้วย 2 และอะตอมอยู่ต่างโมเลกุลกัน





ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดอะตอม

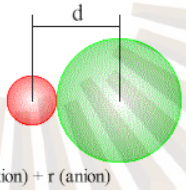
1.เลขควอนตัมอะตอมหลัก (n) ของขนาดเวเลนต์อิเล็กตรอน

2.ประจุนิวเคลียสสุทธิ (effective nuclear charge; Z_{eff})

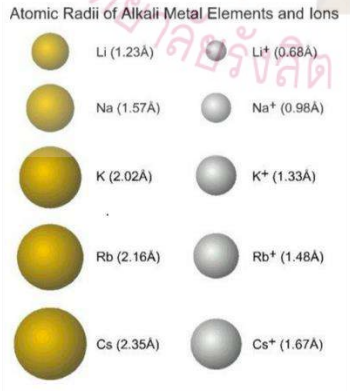
ดังนั้นธาตุในหมู่เดียวกัน ขนาดของอะตอม ใหญ่ขึ้นจากบนลงล่าง เพราะธาตุที่อยู่ด้านล่างมีเลขควอนตัมหลักของเวเลนซ์อิเล็กตรอนมาก หรืออาจกล่าวได้ว่าขนาดของอะตอมมีขนาดใหญ่ขึ้นตามเลขควอนตัมหลักที่เพิ่มขึ้น

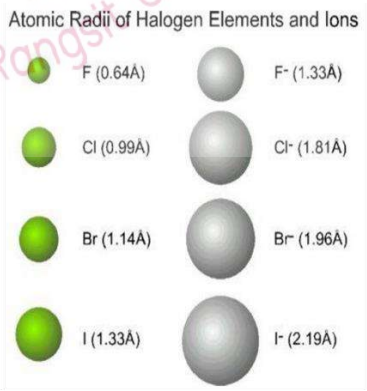
และธาตุในคาบเดียวกันขนาดของอะตอมใหญ่ขึ้นจากขวาไปซ้าย เพราะประจุในนิวเคลียสสุทธิลดลง จึงดึงดูดเวเลนซ์อิเล็กตรอนน้อยลง ขนาดอะตอมจึงใหญ่ขึ้นในขณะที่เลขควอนตัมหลักของเวเลนซ์อิเล็กตรอนคงที่

รัศมีไอออน คือระยะระหว่างนิวเคลียสของไอออนคู่หนึ่งๆ ที่มีแรงยึดเหนี่ยวซึ่งกันและกันในโครงผลึก



ตัวอย่างแนวโน้มขนาดไอออนของธาตุ





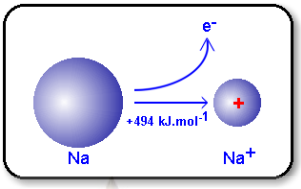
ขนาดอะตอมเปรียบเทียบกับขนาดไอออนบวก ขนาดอะตอมเปรียบเทียบกับขนาดไอออนลบ

ไอออนของโลหะในหมู่เดียวกันจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้นและไอออนของโลหะในคาบเดียวกันจะมีขนาดเล็กลงเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น

ไอออนของอโลหะในหมู่เดียวกันจะมีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้นและไอออนของโลหะในคาบเดียวกันจะมีขนาดเล็กลง เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น

-พลังงานไอออไนเซชัน

พลังงานไอออไนเซชัน คือ พลังงานที่ใช้ในการดึง อิเล็กตรอน หลุดออกจากในสภาวะก๊าซ



ซึ่งพลังงานไอออไนเซชัน จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อลำดับในการดึงอิเล็กตรอนออกจากอะตอมในสถานะแก๊สเพิ่มมากขึ้น โดย $IE_1 < IE_2 < IE_3$ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

TABLE 7.2 Successive Values of Ionization Energies, *I*, for the Elements Sodium through Argon (kJ/mol)

Element	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
Na	496	4560			(inner-shell electrons)		
Mg	738	1450	7730				
Al	578	1820	2750	11,600			
Si	786	1580	3230	4360	16,100		
P	1012	1900	2910	4960	6270	22,200	
S	1000	2250	3360	4560	7010	8500	27,100
Cl	1251	2300	3820	5160	6540	9460	11,000
Ar	1521	2670	3930	5770	7240	8780	12,000

หมู่ 1A หมู่ 2A หมู่ 3A หมู่ 4A หมู่ 5A หมู่ 6A

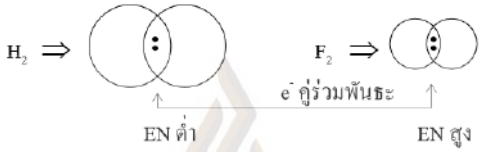
แนวโน้มของค่าพลังงานไอออไนเซชันของธาตุตามตารางธาตุ

ยกเว้นธาตุ Be มีพลังงานไอออไนเซชันมากกว่า B เพราะ Be มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบ filled orbital ซึ่งเสถียรมากจึงต้องใช้พลังงานมากที่จะดึงอิเล็กตรอนออกจากเวเลนซ์ออร์บิทัล และ

ธาตุ N มีพลังงานไอออไนเซชันมากกว่า O เพราะ N มีการจัดเรียงอิเล็กตรอนแบบ half-filled orbitals ซึ่งเสถียรมากจึงต้องใช้พลังงานมากที่จะดึงอิเล็กตรอนออกจากเวเลนซ์ออร์บิทัล

-อิเล็กโตรเนกาติวิตี

อิเล็กโทรเนกาติวิตี เป็นค่าสมมติที่แสดงความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนเข้าหาอะตอม ซึ่งแบบที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือแบบของพอลิง (Linus Pauling) ซึ่งค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีได้จากการคำนวณจากการใช้พลังงานพันธะ



จากภาพข้างต้นแสดงความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (Valence electron) จากนิวเคลียสของ H และ F

อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของอะตอมที่มีขนาดเล็กจะรับแรงดึงดูดจากนิวเคลียสมาก ดังนั้น EN สูง ส่วนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะของอะตอมที่มีขนาดใหญ่จะรับแรงดึงดูดจากนิวเคลียสน้อย ดังนั้น EN ต่ำ

อะตอมทีมีสภาพไฟฟ้าลบมาก จะดึงดูดอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันในการเกิดพันธะโคเวเลนต์เข้าหาตัวเองได้มากกว่า ได้มีผู้ให้ค่าสภาพไฟฟ้าลบไว้หลายแบบ แต่ที่นิยมใช้อ้างอิงมากที่สุด คือ แบบของพอลิง (Linus Pauling) โดยกำหนดให้ฟลูออรีน (F) มีค่าสภาพไฟฟ้าลบมากที่สุด คือ เท่ากับ 4.0 และซีเซียม (Cs) มีสภาพไฟฟ้าลบน้อบที่สุดคือ เท่ากับ 0.7

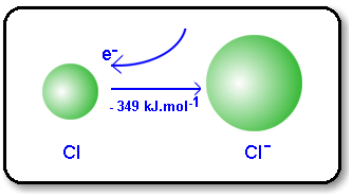
ค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีตามตารางของพอลิงคำนวณจากการใช้พลังงานพันธะ ซึ่งพอลิงไม่ได้กำหนดค่าสำหรับแก๊สเฉื่อย(แก๊สมีสกุล) ทั้งนี้เนื่องจากกลุ่มแก๊สเฉื่อยเหล่านี้โดยปกติไม่เกิดสารประกอบ แต่ในปัจจุบันมีการคำนวณหาค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของแก๊สเฉื่อยบางธาตุได้ เช่น He, Kr และ Xe ซึ่งเป็นธาตุหมู่ 8A ที่มีขนาดใหญ่จึงสามารถสร้างพันธะกับธาตุขนาดเล็กที่มีค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีสูงได้ทำให้สามารถคำนวณหาค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีจากพลังงานพันธะ
พิจารณาค่าอิเล็กโทรเนกาติวิตีของธาตุในตาราง จะเห็นแนวโน้มซึ่งสามารถสรุปได้ว่า

1.ธาตุหมู่เดียวกัน ค่า EN จะลดลงจากบนลงล่าง เพราะขนาดอะตอมใหญ่ขึ้นทำให้นิวเคลียสมีโอกาสดึงดูดอิเล็กตรอนได้น้อยกว่าอะตอมที่มีขนาดเล็ก

2.ธาตุในคาบเดียวกัน ค่า EN จะเพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวา เพราะขนาดอะตอมเล็กลงทำให้ได้รับแรงดึงดูดจากนิวเคลียสมากกว่าอะตอมที่มีขนาดใหญ่ EN จึงสูงขึ้น

-สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน

สัมพรรคภาพอิเล็กตรอน หรือ Electron affinity (EA) คือ พลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจากการรับอิเล็กตรอนของอะตอมธาตุแล้วเกิดเป็นไอออนลบ ณ สถานะแก๊ส



ธาตุที่มี EA สูง จะคายพลังงานออกมามากเมื่อรับอิเล็กตรอนเข้าไป ทำให้เกิดไอออนลบที่มีความเสถียรมาก ดังนั้นค่า EA จึงใช้ทำนายความสามารถในการเป็นไอออนลบ กล่าวคือ ธาตุที่มี EA สูง จะสามารถเกิดเป็นไอออนลบได้ง่ายกว่าธาตุที่มี EA ต่ำ

พิจารณาค่าสัมพรรคภาพอิเล็กตรอน ของธาตุในตาราง จะเห็นแนวโน้มซึ่งสามารถสรุปได้ว่า

1.ธาตุในคาบเดียวกัน ค่า EA เพิ่มขึ้นจากซ้ายไปขวาของตารางธาตุ เพราะธาตุทางขวามีขนาดเล็กกว่าธาตุทางซ้ายจึงรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่าอิเล็กตรอนที่เข้ามาใหม่จะถูกดึงดูดด้วยนิวเคลียสได้มากกว่า EA จึงมากกว่า

2.ธาตุในหมู่เดียวกัน ค่า EAลดลงจากบนลงล่าง เพราะธาตุข้างบนมีขนาดเล็กกว่าธาตุข้างล่างจึงมีแรงดึงดูดระหว่างประจุบวกที่นิวเคลียสกับอิเล็กตรอนที่เพิ่มเข้าในอะตอมได้มากกว่า ระยะทางจากนิวเคลียสถึงขอบเขตของอะตอมสั้นกว่าอะตอมที่มีขนาดใหญ่ที่อยู่ข้างล่างของหมู่ ธาตุข้างบนรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่าธาตุข้างล่าง EA จึงมากกว่า

ค่า EA เป็นค่าที่ได้จากการคายพลังงานจึงแสดงเครื่องหมายลบธาตุบางตัวมีค่า EA > 0 $Kjmol^{-1}$ หรือมีค่าเป็นบวกคือดูดพลังงานเนื่องจากธาตุบางตัวมีการจัดเรียงอิเล็กตรอนที่เสถียรจึงเกิดเป็นไอออนลบได้ยากเช่น Be, N และกลุ่มธาตุมีตระกูล (หมู่ 8A) เป็นต้น

-จุดเดือดจุดหลอมเหลว

จุดเดือดจุดหลอมเหลว พิจารณาแนวโน้มโดยใช้ความแข็งแรงของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคซึ่งแบ่งการพิจารณาเป็น

1.ธาตุโลหะ

-โลหะในหมู่เดียวกัน คือ หมู่ IA , IIA, และ IIIA จุดเดือดจุดหลอมเหลวมีแนวโน้มลดลงเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น เนื่องจากความแข็งแรงของพันธะโลหะลดลง เพราะมีขนาดอะตอมใหญ่ขึ้น

-โลหะในคาบเดียวกัน คือ โลหะในหมู่ IA , IIA, และ IIIA ในคาบต่างๆ จุดเดือดจุดหลอมเหลวมีแนวโน้มสูงขึ้น เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้นเนื่องจากมีพันธะโลหะที่แข็งแรงมากขึ้น ทั้งนี้เพราะอะตอมมีขนาดเล็กลงและมีจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น

2.ธาตุอโลหะ

-อโลหะในหมู่เดียวกัน คือ หมู่ VIA , VIIA, และ VIIIA จุดเดือดจุดหลอมเหลวมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลหรือแรงเวนเดอร์วาลส์เพิ่มขึ้น เพราะขนาดโมเลกุลเพิ่มขึ้น

-อโลหะในคาบเดียวกัน คือ อโลหะ หมู่ VA, VIA , VIIA, และ VIIIA จุดเดือดจุดหลอมเหลวมีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่อเลขอะตอมเพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลหรือแรงเวนเดอร์วาลส์มีค่าลดลง เพราะขนาดของโมเลกุลเล็กลง

ด้านทักษะ (P)

1. ทักษะการคิดวิเคราะห์
2. ทักษะการสร้างคำอธิบายแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ
3. ทักษะการสรุปความคิดรวบยอด
4. ทักษะการทำงานเป็นทีมและการให้ความร่วมมือ

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. ช่างสังเกต ช่างคิด ช่างสงสัย และมีความกระตือรือร้น
2. มีวินัย ประพฤติปฏิบัติตามกฎระเบียบ ข้อบังคับ กติกาและข้อตกลงของส่วนรวม
3. ใฝ่เรียนรู้ มีความตั้งใจศึกษาเล่าเรียน มีเหตุผล มีความอยากรู้อยากเห็น
4. มุ่งมั่นในการทำงาน มีความมุ่งมั่นทำงานให้บรรลุผลด้วยความสามารถของตนเอง และเพียรพยายามทำหน้าที่การงานอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอด้วยความอดทน

5.หลักฐานหรือร่องรอยของการเรียนรู้

5.1 แบบฝึกหัดทบทวนและใบกิจกรรม

5.2 แบบสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน

6.การจัดกระบวนการเรียนรู้/กิจกรรม

ขั้นสร้างความสนใจ

1.แจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ของการจัดการเรียนการเรียนรู้เรื่องวิวัฒนาการตารางธาตุและแนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ

- ครูอธิบายจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังนี้

1.อธิบายแนวคิดของนักวิทยาศาสตร์หรือวิวัฒนาการของตารางธาตุในแต่ละยุค โดยใช้ข้อมูล หรือประจักษ์พยานของตารางธาตุในแต่ละยุคสมัยได้

2.ระบุหมู่ คาบ ความเป็นโลหะ อโลหะ และกึ่งโลหะของธาตุเรพรีเซนเททีฟพร้อมทั้งสามารถอธิบายและเขียนการจัดเรียงอิเล็กตรอนในระดับพลังงานหลัก ระดับพลังงานย่อยได้เมื่อทราบเลขอะตอม

3.วิเคราะห์ และบอกแนวโน้มสมบัติของธาตุเรพรีเซนเททีฟตามหมู่ตามคาบเกี่ยวกับขนาดอะตอม รัศมีไอออน พลังงานไอออไนเซชัน อิเล็กโทรเนกาติวิตี สัมพรรคภาพอิเล็กตรอนพร้องทั้งอธิบายเหตุผลประกอบได้

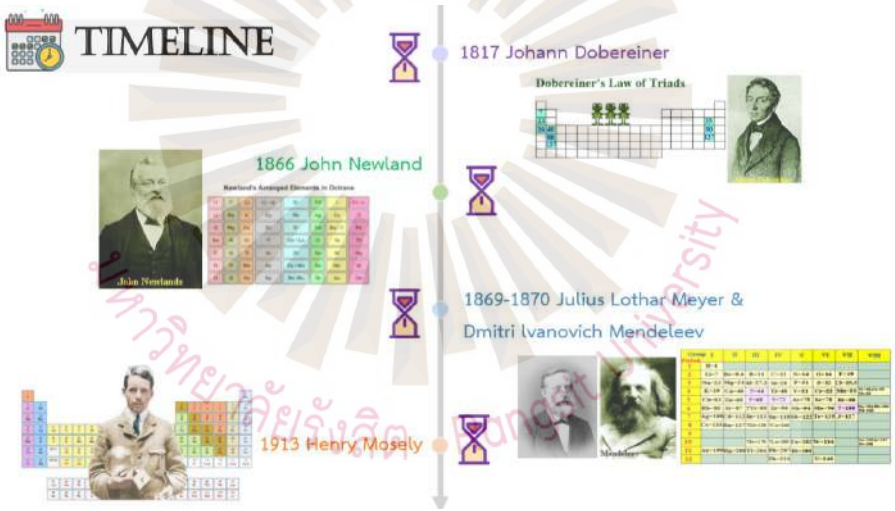
-แจ้งข้อตกลงในการทำกิจกรรมการเรียนรู้

2.ครูใช้แอพพลิเคชัน spin the wheel random picker เพื่อให้นักเรียนแบ่งปันและแสดงความคิดเห็นในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน เช่น

-นักเรียนคิดว่าตารางธาตุมีประโยชน์อย่างไร

-หากใช้เกณฑ์ที่ต่างกันในการจับกลุ่มนักเรียนคิดว่าจะได้ผลลัพธ์เหมือนหรือต่างกัน

3.ครูใช้ Time Line Story ลำดับวิวัฒนาการของตารางธาตุในแต่ละยุคของนักวิทยาศาสตร์ 4 ท่าน



4.ครูให้ความรู้เกี่ยวกับ periodic law เพิ่มเติมและวิธีการอ่านชื่อธาตุ-การใช้สัญลักษณ์ธาตุของธาตุที่มีเลขอะตอมมากกว่า 100 ตามระบบ IUPAC ก่อนจะเปลี่ยนมาใช้ชื่อใหม่

ขั้นสำรวจและค้นหา

5.ครูใช้เกมเปิดแผ่นป้ายซึ่งประกอบด้วยคำถาม 6 คำถาม เพิ่มให้นักเรียนสืบค้นเพื่อทบทวนการจัดเรียงอิเล็กตรอนและชี้แนะการพิจารณาสมบัติความเป็นแม่เหล็กของธาตุ

6.ครูใช้การเปรียบเทียบเป็นตัวแทนของรูปร่างวัตถุทรงกลม 3 ชนิดกับขนาดอะตอมของธาตุโดยให้นักเรียนแสดงข้อมูลหลักฐานประกอบ เช่นข้อมูลการจัดเรียงอิเล็กตรอน หรือข้อมูลขนาดอะตอมของธาตุจากแหล่งข้อมูล

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

7. ครูใช้คำถามนำเพื่อให้นักเรียนอธิบายถึงปัจจัยที่ส่งผลให้ขนาดอะตอมของธาตุต่างๆจึงมีขนาดแตกต่างกัน

แนวคำตอบ: ปัจจัยที่มีผลต่อขนาดอะตอม

1.เลขควอนตัมอะตอมหลัก (n) ของขนาดเวเลนต์อิเล็กตรอน

2.ประจุนิวเคลียสสุทธิ (effective nuclear charge; Z_{eff})

8.ครูขอตัวแทนนักเรียนออกมาวาดภาพจำลองอะตอมของธาตุต่างซึ่งแสดงให้เห็นการจัดเรียงตัวของนิวเคลียสและวงเวเลนซ์อิเล็กตรอน และลงข้อสรุปแนวโน้มในประเด็นนี้(ขนาดอะตอม)ร่วมกันตามหมู่ตามคาบ

9.ครูทดลองให้นักเรียนลองจัดเรียงลำดับขนาดของธาตุที่กำหนดให้จำนวน 8 ธาตุเพื่อให้นักเรียนช่วยร่วมกันอธิบายแนวคิดการตอบคำถาม

*คำถาม: จงเรียงลำดับขนาดอะตอมของธาตุต่อไปนี้ได้แก่ Al, F, K, B, N, He, Mg, O*จากใหญ่ไปหาเล็ก*

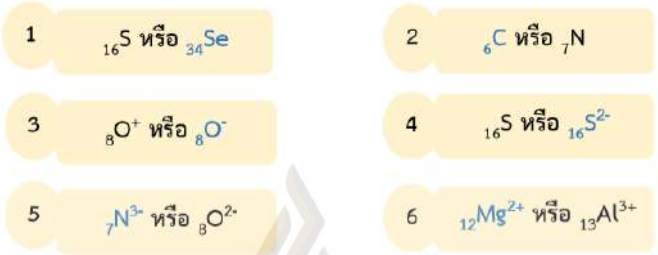
ขั้นขยายความรู้

10.ครูให้นักเรียนลงข้อสรุปแนวโน้มสมบัติตามตารางธาตุในประเด็นอื่นๆ ได้แก่ค่า IE, EN, EA จุดเดือดจุดหลอมเหลว โดยครูเป็นผู้บอกนิยามของแต่ละพลังงานที่แตกต่างกัน โดยใช้การวาดภาพประกอบการบรรยาย

ขั้นประเมินผล

11.ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเพิ่มเติมเพื่อทบทวนความรู้

แบบฝึกหัดทบทวน: โจทย์จงเลือกอะตอมหรือไอออนที่มีขนาดใหญ่กว่าระหว่างคู่อะตอม คู่ไอออน หรือคู่อะตอมกับไอออนที่กำหนดให้



12.ครูให้นักเรียนเขียนตาราง KWL และเขียนอนุทินสะท้อนคิดเพื่อสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

7.สื่อ วัสดุ อุปกรณ์/แหล่งเรียนรู้

-Power point

-เอกสารประกอบการเรียนวิชา ว30221 สมบัติของสาร

-แบบฝึกหัดทบทวน

-แหล่งสืบค้นข้อมูล (อินเตอร์เน็ต)

8.การวัดผลประเมินผล

การวัดผลประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1.ด้านความรู้ความเข้าใจ	ความถูกต้องของใบกิจกรรม และแบบฝึกหัดทบทวน	ใบกิจกรรม และแบบฝึกหัดทบทวน	ทำถูกต้อง 70% ขึ้นไป
2.ด้านทักษะกระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติตามในขณะนักเรียนทำกิจกรรม	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงาน	ได้คะแนนในระดับ 3 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมความสนใจ และตั้งใจเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมความสนใจและตั้งใจเรียน	ได้คะแนนในระดับ 3 ขึ้นไป

9.กิจกรรมเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

บันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้บันทึก นางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์ วันที่บันทึก .....

1. การดำเนินการจัดการเรียนรู้ ( ) เป็นไปตามแผน ( ) ไม่ เป็นไปตามแผน

2. บรรยากาศระหว่างการเรียน

.....

.....

.....

3. สรุปผลการจัดการเรียนรู้

จำนวนนักเรียนที่ผ่านการประเมิน ..... คน คิดเป็นร้อยละ .....

จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่าน การประเมิน ..... คนคิดเป็นร้อยละ .....

4. ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

5. สิ่งที่ควรพัฒนาในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....

.....

.....

6. แนวทางการแก้ไขนักเรียนที่ไม่ผ่านการประเมิน

.....

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้บันทึก

(นางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์)

ความคิดเห็นของผู้นิเทศ/ผู้ที่ได้รับมอบหมาย

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้นิเทศ

(.....)

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ประเด็นที่สามารถนำไปใช้ทำวิจัยในชั้นเรียน

<u>วิธี และแนวทางแก้ไขปัญหา</u>

1.ปัญหาที่พบในชั้นเรียน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.แนวทาง และวิธีการแก้ไข ปรับปรุง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3.คำถามวิจัย

.....

.....

.....

.....

.....

.....

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

แบบบันทึกประเมินเชิงพฤติกรรมของผู้เรียน

พฤตติกรรมที่สังเกต	ระดับการประเมิน				
	1	2	3	4	5
1.เริ่มต้นงานที่ได้รับมอบหมายทันที					
2.ทำงานเสร็จเรียบร้อยตามเวลาที่กำหนด					
3.ขอคำแนะนำจากครูเมื่อไม่เข้าใจ					
4.ทำกิจกรรมด้วยความสนุกสนานเต็มใจ					
5.มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมอย่างสม่ำเสมอ					
6.ช่วยเหลือและแนะนำเพื่อนในการทำกิจกรรมตามสมควร					
7.สนใจศึกษาหาความรู้เพิ่มเติมด้วยตนเอง					

เกณฑ์การประเมินจากแบบสังเกต

ระดับ 1 น้อยมาก

ระดับ 2 น้อย

ระดับ 3 ปานกลาง

ระดับ 4 ดี

ระดับ 5 ดีมาก

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ค

ผลการหาคุณภาพเครื่องมือ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร

ข้อที่	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC	แปลผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	-1	0.33	ตัดทิ้ง
2	1	1	1	1.00	ใช้ได้
3	1	1	1	1.00	ใช้ได้
4	1	1	1	1.00	ใช้ได้
5	0	1	1	0.67	ใช้ได้
6	1	1	1	1.00	ใช้ได้
7	1	1	-1	0.33	ตัดทิ้ง
8	1	1	1	1.00	ใช้ได้
9	1	1	1	1.00	ใช้ได้
10	1	1	1	1.00	ใช้ได้

ผู้วิจัยออกข้อสอบแบบวัดจำนวน 10 ข้อ โดยเมื่อผ่านการประเมินเพื่อหาค่าค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดความสามรถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสารจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีข้อที่สามารถใช้ได้ 8 ข้อ ซึ่งมีค่าความสอดคล้องตั้งแต่ 0.67-1.00

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดความสามรถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (p)	แปลผลค่าความยากง่าย	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผลค่าอำนาจจำแนก
1	0.61	ง่าย	0.44	จำแนกได้
2	0.43	ปานกลาง	0.20	จำแนกได้
3	0.48	ปานกลาง	0.63	จำแนกได้
4	0.49	ปานกลาง	0.35	จำแนกได้
5	0.47	ปานกลาง	0.22	จำแนกได้
6	0.49	ปานกลาง	0.54	จำแนกได้
7	0.56	ปานกลาง	0.48	จำแนกได้
8	0.42	ปานกลาง	0.40	จำแนกได้

ค่าความยากง่าย (p) มีค่าตั้งแต่ 0.42-0.61

ค่าอำนาจจำแนก (r) มีค่าตั้งแต่ 0.20-0.63

ค่าความเชื่อมั่น โดยวิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟ่าของครอนบาค (Cronbach’s Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.80

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก ง

คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ ง.1 แสดงผลคะแนนก่อนเรียน จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสาร รายบุคคล

ลำดับที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน								
	แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม d-block		คะแนนรวม
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	
1	0	0	0	2	0	0	0	4	6
2	0	0	0	2	2	0	1	3	8
3	1	3	1	0	0	5	0	5	15
4	5	0	0	4	0	0	0	0	9
5	0	2	0	2	0	2	0	3	9
6	3	0	3	0	0	3	0	2	11
7	0	4	0	0	6	0	0	1	11
8	5	0	0	3	0	0	0	3	11
9	2	4	0	0	3	2	1	0	12
10	2	3	0	2	0	0	0	4	11
11	3	6	4	1	0	0	0	3	17
12	0	6	1	0	0	5	0	4	16
13	0	0	2	0	5	0	0	5	12
14	4	5	0	2	0	0	0	4	15
15	1	2	0	0	0	5	0	0	8
16	6	6	0	0	0	0	0	0	12
17	0	0	2	0	1	4	1	4	12
18	3	2	1	0	0	0	1	3	10

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ลำดับที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน								คะแนนรวม
	แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม d-block		
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	
19	0	3	0	0	6	0	0	0	9
20	4	3	1	0	0	0	0	0	8
21	4	3	0	4	1	2	0	0	14
22	0	1	0	1	2	0	0	3	7
23	3	0	0	3	3	0	0	0	9
24	0	4	0	3	0	0	0	0	7
25	5	6	0	0	1	6	1	0	19
26	4	1	0	5	2	0	0	4	16
27	0	2	0	0	0	2	0	3	7
28	1	6	0	0	0	4	0	3	14
29	3	3	0	0	3	0	1	3	13
30	0	0	0	3	0	0	0	4	7
31	3	0	0	0	0	2	5	3	13
32	5	4	0	1	0	5	0	0	15
33	4	5	0	0	2	2	0	4	17
34	6	5	6	0	3	0	4	0	24
35	2	0	0	0	0	0	0	4	6
36	2	1	0	3	0	2	0	3	11
37	4	0	1	0	0	6	2	3	16
38	0	3	1	0	3	0	1	0	8

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ลำดับที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน								
	แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม d-block		คะแนนรวม
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	
39	0	3	2	0	0	6	0	0	11
40	6	0	1	4	0	0	0	0	11
41	3	0	0	0	4	4	2	0	13
42	1	4	2	1	5	1	0	0	14
43	2	0	4	5	4	0	1	3	19
44	4	0	0	0	6	1	1	3	15
45	4	3	1	1	3	0	5	4	21
46	4	0	1	1	4	0	0	3	13
47	5	6	0	0	4	5	0	5	25
48	5	3	0	2	2	5	4	5	26
49	0	5	4	4	4	0	1	6	24
50	0	2	0	1	1	6	0	4	14

คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ย 13.02 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 4.984

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ตารางที่ ง.2 แสดงผลคะแนนหลังเรียน จากแบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสาร รายบุคคล

ลำดับที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน								
	แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม d-block		คะแนนรวม
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	
1	3	3	2	3	2	2	3	2	20
2	3	2	3	2	2	3	2	2	19
3	3	3	3	0	2	2	6	2	21
4	1	1	4	0	3	3	4	2	18
5	3	3	2	0	0	2	2	0	12
6	0	5	4	0	3	0	0	0	12
7	2	3	4	0	2	0	1	0	12
8	3	2	4	2	2	2	1	2	18
9	3	4	4	0	2	0	3	2	18
10	3	4	4	0	0	0	1	0	15
11	4	4	3	0	5	3	4	2	25
12	4	4	5	0	4	4	4	2	27
13	4	3	5	0	5	3	4	2	26
14	6	3	3	6	3	6	6	3	36
15	4	3	4	6	3	5	3	3	31
16	3	6	5	4	3	3	5	4	33
17	6	2	6	4	3	5	4	2	32
18	6	3	5	6	5	5	4	4	38

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ลำดับที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน								
	แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม d-block		คะแนนรวม
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	
19	4	3	5	3	3	4	3	6	31
20	4	4	5	4	6	5	3	4	35
21	6	1	5	5	5	5	5	5	37
22	6	3	3	5	2	4	6	4	33
23	3	3	3	3	6	4	4	0	26
24	4	6	3	5	4	5	5	0	32
25	4	5	4	4	5	3	5	4	34
26	5	4	4	2	5	5	3	4	32
27	3	3	2	2	5	3	2	0	20
28	5	4	3	3	3	5	3	4	30
29	3	4	5	3	1	3	1	2	22
30	3	4	5	2	6	5	2	4	31
31	4	3	5	2	6	5	1	3	29
32	4	3	3	2	6	4	3	3	28
33	4	3	3	2	5	4	3	3	27
34	4	3	6	6	4	4	1	3	31
35	5	3	5	4	4	3	1	3	28
36	4	3	5	6	4	3	3	5	33
37	3	3	4	6	3	3	2	6	30
38	5	4	5	6	4	3	2	6	35

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ลำดับที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน จากคะแนนเต็ม 48 คะแนน								
	แนวโน้มสมบัติของธาตุตามตารางธาตุ		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block		สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block	สมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม d-block		คะแนนรวม
	ข้อที่ 1	ข้อที่ 2	ข้อที่ 3	ข้อที่ 4	ข้อที่ 5	ข้อที่ 6	ข้อที่ 7	ข้อที่ 8	
39	5	3	6	6	4	5	4	3	36
40	5	3	6	5	4	3	2	3	31
41	5	3	6	5	4	4	2	3	32
42	5	4	5	6	4	4	3	6	37
43	3	2	6	6	3	5	4	5	34
44	3	2	6	6	3	5	4	5	34
45	5	5	6	4	4	1	6	4	35
46	4	4	4	4	3	4	5	1	29
47	3	4	5	2	6	5	3	4	32
48	5	5	4	4	4	5	3	4	34
49	4	4	5	2	6	3	5	0	29
50	5	3	6	5	4	5	5	5	38

คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเฉลี่ย 28.36 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 7.193

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

ภาคผนวก จ

ตัวอย่างผลงานนักเรียนและภาพกิจกรรม

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

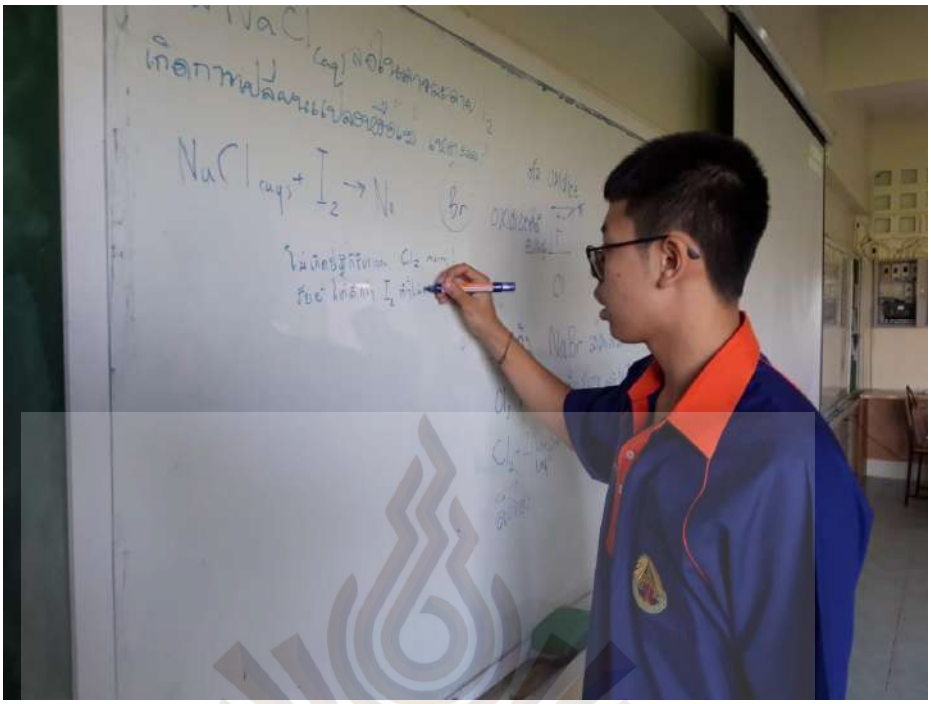
รูปที่ จ.1 นักเรียนอาสาสมัครเขียนคำตอบแบบฝึกหัดทบทวน เรื่องแนวโน้มสมบัติตามตารางธาตุ

รูปที่ จ.2 นักเรียนนำเสนอและตอบคำถาม เรื่องสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block หมู่ 1A

รูปที่ จ.3 นักเรียนนำเสนอและตอบคำถาม เรื่องสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม s-block หมู่ 2A

รูปที่ จ.4 ปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของธาตุกลุ่ม s-block

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University



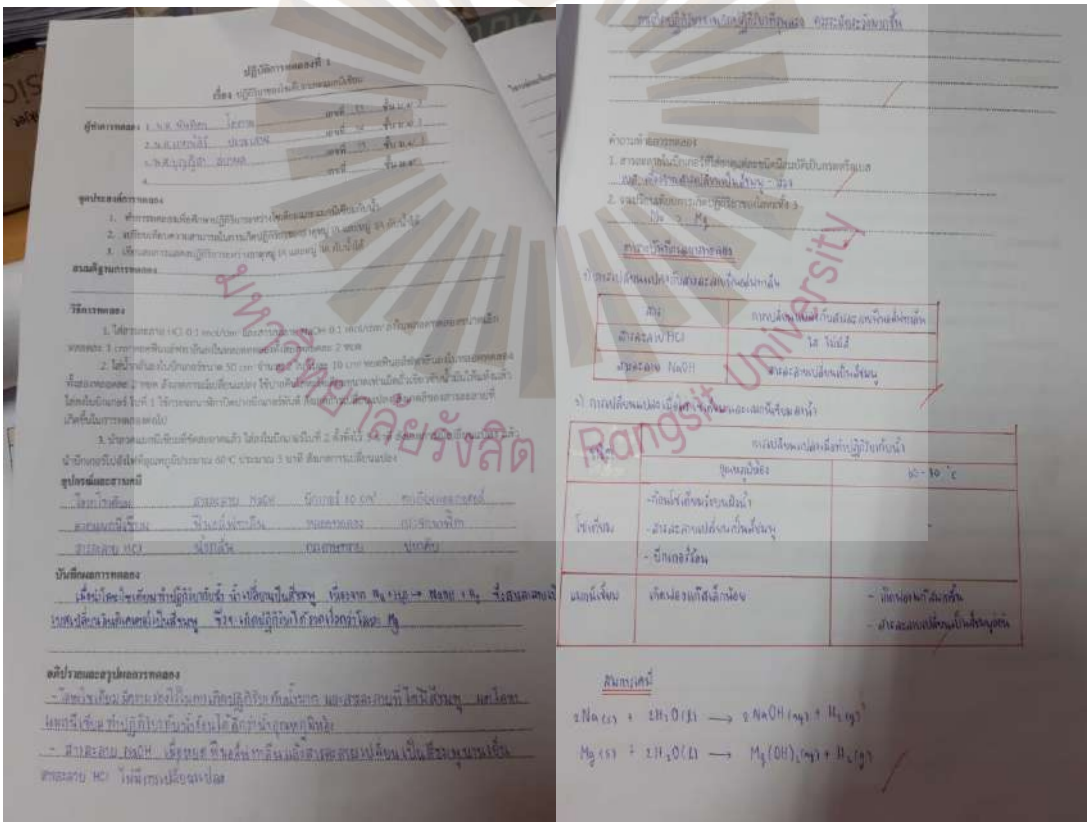
รูปที่ จ.5 นักเรียนออกมาทำกิจกรรม B1 and B2 หน้าห้องเรียน เรื่องสมบัติทางกายภาพและเคมีของธาตุกลุ่ม p-block (ปฏิกิริยาการแทนที่ของธาตุหมู่ 7A)

รูปที่ จ.6 นักเรียนแสดง QR code เพื่อดูวิดีโดการ์ตูนแอนนิเมชันเรื่องปฏิกิริยาการแทนที่

รูปที่ จ.7 นักเรียนออกมาทำกิจกรรมการเขียนระบุชื่อ สูตรสารประกอบหรือไอออนเชิงซ้อนของธาตุในกลุ่ม d-block

รูปที่ จ.8 นักเรียนทำกิจกรรมาตุอะไรให้ทาย ? บรูณนาการความรู้ธาตุเรพรีเซเททีฟและธาตุทรานซิชัน

รูปที่ จ.9 ใบความรู้จากกิจกรรมชีท โชว์ แชร์



รูปที่ จ.10 บันทึกผลการทดลองปฏิกิริยาของ 1A กับ 2A

ภาคผนวก ฉ

การรับรองจริยธรรมการวิจัยในคนแบบยกเว้นการรับรอง

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

DPE. No. RSUERB2019-069

RSU-ERB

เอกสารยืนยันการยกเว้นการรับรอง

(Documentary Proof of Exemption)

โดย คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยรังสิต

เอกสารรับรองเลขที่	:	DPE. No. RSUERB2019-069
ชื่อโครงการวิจัย	:	การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY FOR GRADE 10 STUDENTS IN PROPERTIES OF MATTER BY INQUIRY BASED LEARNING
ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย	:	นางสาวมิ่งขุก สุทธิวัฒนพงศ์
หน่วยงานที่สังกัด	:	วิทยาลัยครูอุริยเทพ มหาวิทยาลัยรังสิต
วิธีทบทวน	:	ยกเว้นการรับรอง (Exemption Review)

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้นการรับรอง (Research with Exemption)

วันที่ออกเอกสาร : 18 / 10 / 2019

วันที่หมดอายุ : 18 / 10 / 2021

ขอรับรองว่าโครงการดังกล่าวข้างต้นได้ผ่านการพิจารณาเห็นชอบตามมาตรฐานการดำเนินการของคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน สำนักงานจริยธรรมการวิจัย มหาวิทยาลัยรังสิต

ลงนาม .....

(นายแพทย์สุกฤช คุณารัตนพฤกษ์)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยรังสิต

RSU-ERB

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

RSU-ERB.001-1 แบบฟอร์มคัดกรองการพิจารณาโครงการ
ประเภทได้รับการยกเว้นการพิจารณา (Exemption Review Process)

ด้วย นางสาวมิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์ วิทยาลัยครูสุริยเทพ มหาวิทยาลัยรังสิต หัวหน้าโครงการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) "THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC EXPLANATION ABILITY FOR GRADE 10 STUDENTS IN PROPERTIES OF MATTER BY INQUIRY BASED LEARNING" ส่งโครงการวิจัยเพื่อพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในคนจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน

ลักษณะของโครงการวิจัยเป็นโครงการเข้าข่ายได้รับการยกเว้นการพิจารณา (Exemption Review)

ใช่	ไม่ใช่	ประเด็นในการพิจารณาคัดกรอง
☑	☐	1. การวิจัยที่ทางการศึกษา
☐	☐	1.1. Normal Educational Practice and Setting ได้แก่
☐	☐	- การวิจัยเพื่อเปรียบเทียบวิธีการเรียนการสอนวิธีการต่างๆ
☐	☐	- การเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเทคนิคการสอน และการจัดห้องเรียนด้วยวิธีการต่าง ๆ หรือเปรียบเทียบระหว่างหลักสูตร
☐	☐	- เป็นวิธีการที่ยอมรับทั่วไปและเคยนำมาใช้แล้ว และ/หรือ
☐	☐	- ดำเนินการในชั้นเรียนปกติ
☐	☐	1.2 Educational Test ได้แก่ การวิจัยที่ใช้วิธีการวัดผลการศึกษาวิธีต่าง ๆ เช่น cognitive, aptitude, diagnostic, achievement
☐	☐	2. Survey, Interview or Observation of Public Behaviors การวิจัยที่ดำเนินการโดยวิธีการสำรวจสัมภาษณ์ หรือสังเกตพฤติกรรมภายในชุมชน และข้อมูลที่เก็บนั้นไม่สามารถเชื่อมโยงถึงผู้เข้าร่วมการวิจัยเป็นรายบุคคล และรายงานผลเป็นข้อมูลโดยภาพรวม
☐	☐	3. Collection or Study of Existing Data (Documents, Records) การวิจัยโดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลที่เปิดเผยต่อสาธารณชน ในรูปเอกสาร สิ่งส่งตรวจทางพยาธิวิทยา หรือสิ่งส่งตรวจเพื่อการวินิจฉัยโรค หรือภาวะต่างๆ ซึ่งมีลักษณะดังต่อไปนี้
☐	☐	- เป็นข้อมูลหรือเนื้อเยื่อที่เก็บโดยไม่ระบุ เจ้าของ (*Unidentifiable data*) หมายถึง **ไม่ติดชื่อ หรือรหัสใด ๆ ที่จะเชื่อมโยงถึงตัวบุคคลได้ตั้งแต่ต้น**
☐	☐	- เป็นข้อมูลเนื้อเยื่อ หรือสิ่งส่งตรวจอื่น ๆ (เช่น เลือด) ที่เก็บอยู่แล้วในคลัง ไม่ใช่การเก็บข้อมูลใหม่ และได้ทำการลบข้อมูลส่วนบุคคลออกแล้ว (anonymized data/specimen)
☐	☐	- เป็นข้อมูลที่เปิดเผยต่อสาธารณะ

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University

RSU-ERB.001-1 แบบฟอร์มคัดกรองการพิจารณาโครงการ
ประเภทได้รับการยกเว้นการพิจารณา (Exemption Review Process)

ใช่	ไม่ใช่	ประเด็นในการพิจารณาคัดกรอง
☐	☐	4. Quality Assurance, Public Benefit or Service Program การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินคุณภาพ การประเมินความพึงพอใจของผู้มารับการบริการจากหน่วยงาน เพื่อพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงานภายในหน่วยงานนั้น โดยเฉพาะเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประโยชน์สาธารณะ
☐	☐	5. Taste and Food Evaluation and Acceptance Study งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบคุณภาพและรสชาติของอาหาร การศึกษาการยอมรับและความพึงพอใจของผู้บริโภค (1) อาหารนั้นเป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติไม่มีสิ่งเจือปน (2) มีสารอาหารในระดับที่ปลอดภัย
☐	☐	6. Self-study, First person study การวิจัยในตนเอง

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

สรุปประเภทสำหรับโครงการวิจัย

☑ Exemption Review ☐ Expedited Review ☐ Full Board Review

ลงนาม .....

(ผศ.ดร. ปำนันท์ กาญจนภูมิ)

รองประธานกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยรังสิต

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University
RSU-ERB
คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน RSU ETHICS REVIEW BOARD

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์
วัน เดือน ปีเกิด	6 มกราคม 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี, 2560 มหาวิทยาลัยรังสิต ปริญญาศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, 2562
ทุนการศึกษา	โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)
ที่อยู่ปัจจุบัน	59 หมู่ 5 ตำบลหนองบ่อ อำเภอย่านตาขาว จังหวัดตรัง 92140 mingmook.s@gmail.com

มหาวิทยาลัยรังสิต Rangsit University