



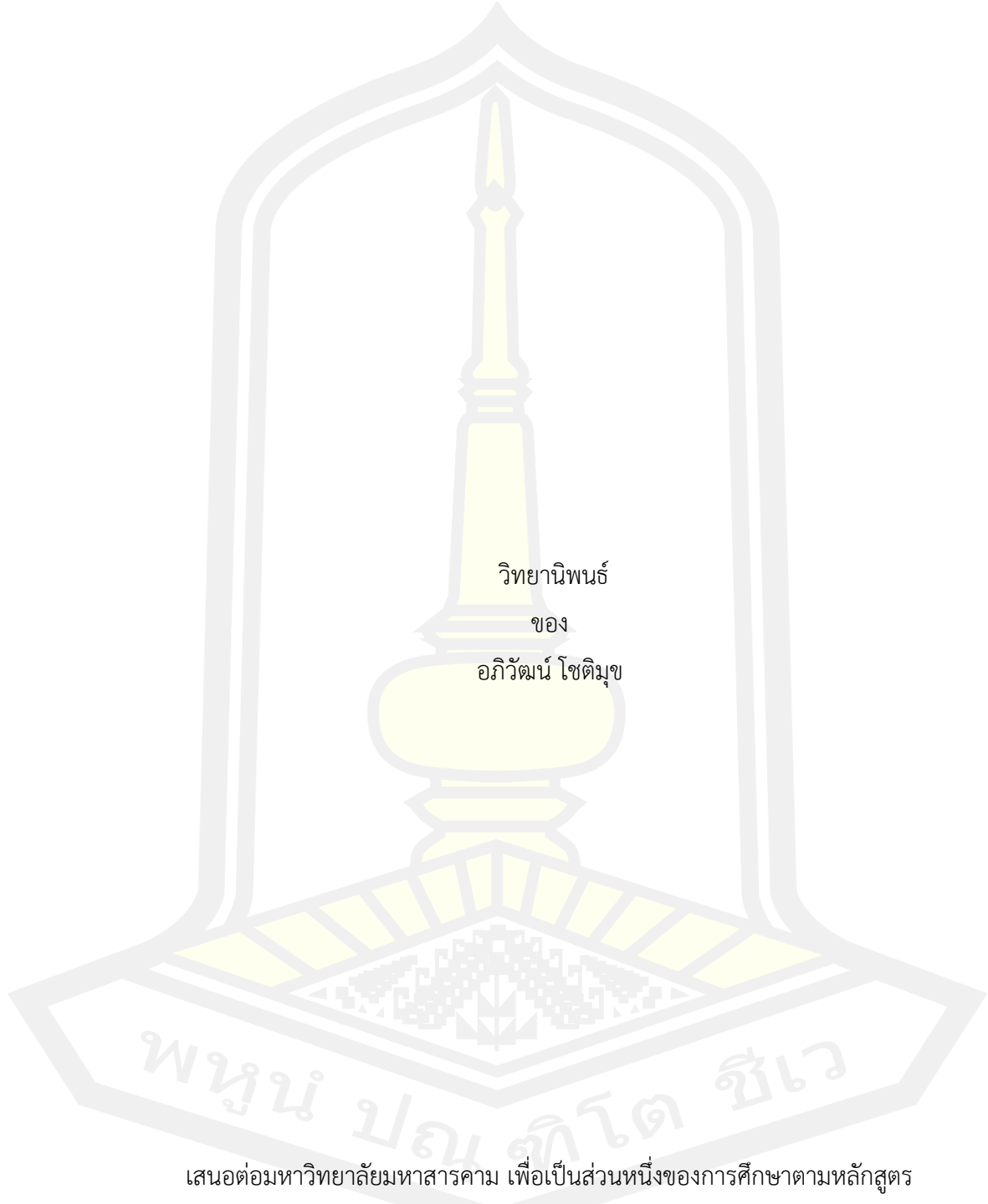
การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อ  
ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

วิทยานิพนธ์  
ของ  
อภิวัฒน์ โชติมุข

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์  
มกราคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อ  
ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

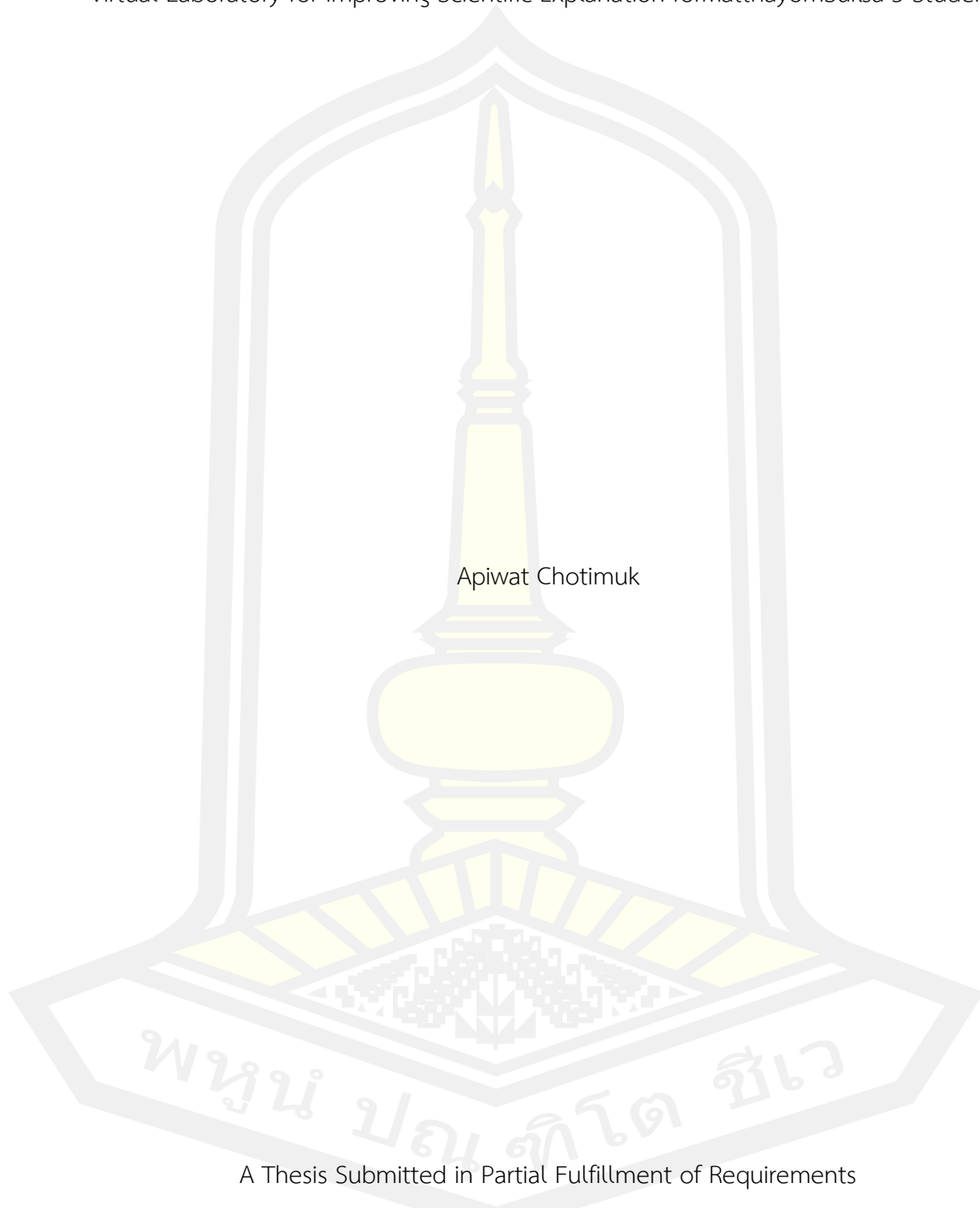


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

มกราคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Development of Learning Activity based on Inquiry Method coopered with  
Virtual Laboratory for Improving Scientific Explanation forMatthayomSuksa 5 Students



Apiwat Chotimuk

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

January 2023

Copyright of Maharakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายอภิวัฒน์ โชติมุข แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(อ. ดร. กัญยรัตน์ สอนสุภาพ )

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. กัญญารัตน์ โคจร )

..... กรรมการ

(ผศ. ดร. ทศน์ศิริรินทร์ สว่างบุญ )

..... กรรมการผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก

(ผศ. ดร. พรรณวิไล ดอกไม้ )

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....  
(รศ. ดร. ขวลิต ชูกำแหง )

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

.....  
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

<b>ชื่อเรื่อง</b>	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5		
<b>ผู้วิจัย</b>	อภิวัฒน์ โชติमुख		
<b>อาจารย์ที่ปรึกษา</b>	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กัญญารัตน์ โคจร		
<b>ปริญญา</b>	การศึกษามหาบัณฑิต	<b>สาขาวิชา</b>	การสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
<b>มหาวิทยาลัย</b>	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	<b>ปีที่พิมพ์</b>	2566

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้อยู่ในระดับดี และ 2) เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยมีกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวนทั้งหมด 33 คน ซึ่งได้จากการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ 1.แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง 10 แผน 2. แบบทดสอบความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และ 3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา ผลการวิจัยพบว่าภาพรวมของความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากแบบทดสอบ อยู่ในระดับดีคือ 3.97 (คะแนนเต็ม 6.00 คะแนน)เมื่อพิจารณาในแต่ละองค์ประกอบพบว่านักเรียนมีความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้างเท่ากับ 1.55 คะแนน และสามารถแสดงหลักฐานคือ 1.25 คะแนน และคะแนนด้านการให้เหตุผลคือ 1.17 คะแนน และผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ของนักเรียน พบว่ามีคะแนนผลสัมฤทธิ์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 ที่ระดับนัยสำคัญ .05

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ชั้น, การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

<b>TITLE</b>	The Development of Learning Activity based on Inquiry Method coopered with Virtual Laboratory for Improving Scientific Explanation forMatthayomSuksa 5 Students		
<b>AUTHOR</b>	Apiwat Chotimuk		
<b>ADVISORS</b>	Assistant Professor Kanyarat Cojorn , Ed.D.		
<b>DEGREE</b>	Master of Education	<b>MAJOR</b>	Teaching of Science and Mathematics
<b>UNIVERSITY</b>	Maharakham University	<b>YEAR</b>	2023

### ABSTRACT

This research aimed 1) to improve the scientific explanation by learning activity based on inquiry method with virtual laboratory of Mathayom Suksa 5 students in a good level, 2) to improve learning achievement by learning activity based on inquiry method coopered with virtual laboratory of Mathayom Suksa 5 students with the criteria of 75%. The sample group consisted of 33 students in Mathayom Suksa 5/3 Maharakham University Demonstration School by cluster random sampling method. This research is a pre-experimental research. The research instruments consisted of 1) 10 lesson plan of inquiry method with virtual laboratory, 2) the scientific explanation test, and 3) the achievement test. The results showed that the students' scientific explanations were good level ( $\bar{x}=3.97$ ), considering in each component the students making a claim component was 1.55, the evidence was 1.25, and the reasoning score was 1.17. The students' achievement was higher than 75% criteria with a statistically at .05 level of significance.

Keyword : Inquiry Method (5E), Scientific Explanation, Learning Achievement, Virtual Laboratory

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ดร. กัญญรัตน์ โคอจร อาจารย์ที่ปรึกษา ประธานกรรมการและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์สาขาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์คณะ ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความรู้และคำแนะนำตลอดช่วงเวลาในการศึกษาใน มหาวิทยาลัยแห่งนี้ ขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาให้ความอนุเคราะห์ตรวจและแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนข้อเสนอแนะต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูและนักเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้โรงเรียน เป็นสถานที่เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัยและคอยอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ทำให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของผู้วิจัย ที่ให้การสนับสนุนและคอยให้ กำลังใจ ซึ่งเป็นแรงผลักดันที่มีส่วนทำให้การทำการวิจัยครั้งนี้สำเร็จไปได้ด้วยดีคุณค่าและประโยชน์จากการทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยขอมอบบูชาพระคุณบิดา มารดา ครูอาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้ความรู้อันมีค่าแก่ผู้วิจัย

อภิวัฒน์ โชติमुख

พหุณ ปณุ ทิโต ชีเว

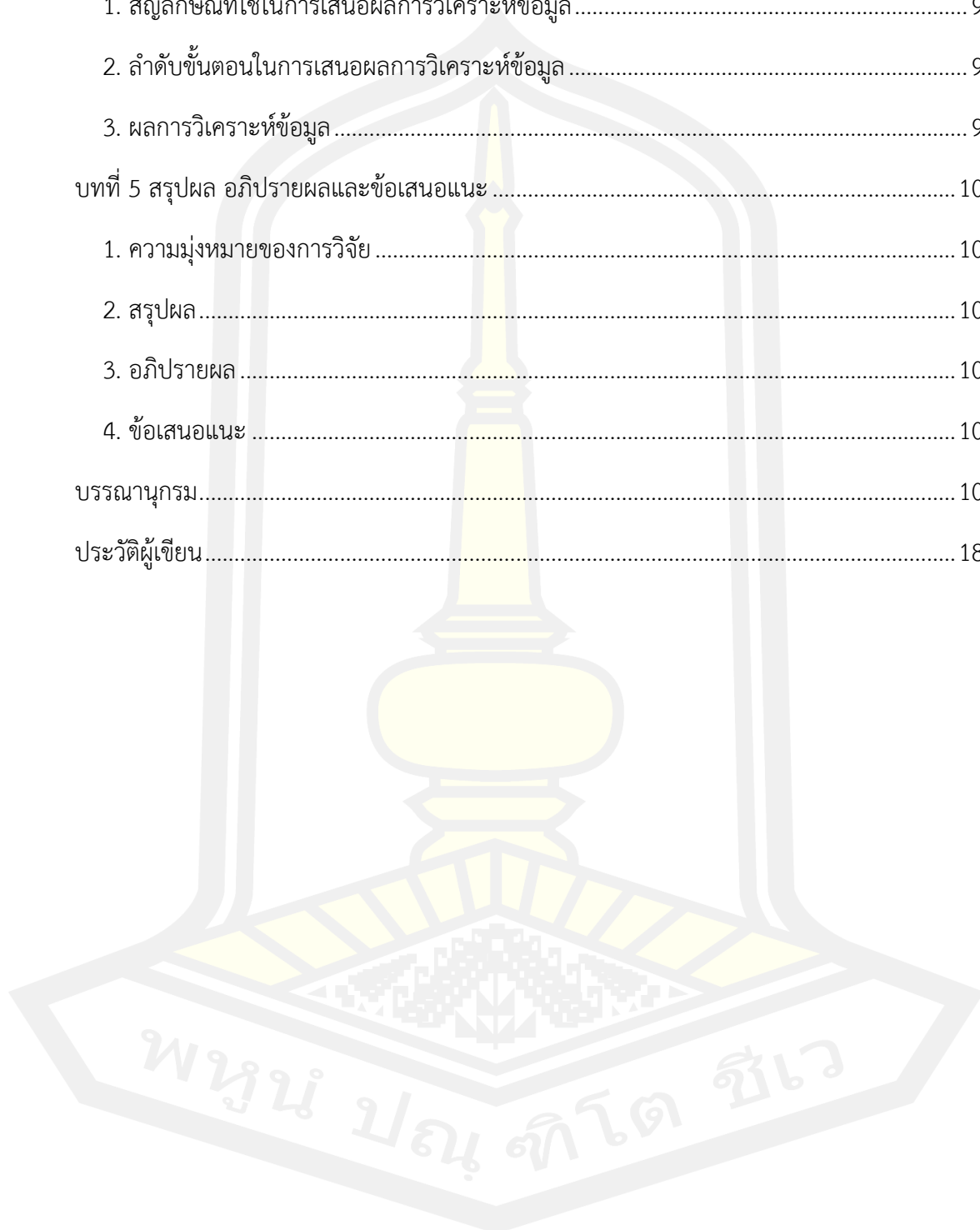
## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....	5
สมมติฐานของงานวิจัย.....	5
ความสำคัญของการวิจัย.....	5
ขอบเขตงานวิจัย.....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	10
1.1 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม).....	11
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	13
2.1 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	13
2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.....	15
2.3 ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	20
2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	23
2.5 ข้อดีและจำกัดของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้.....	29
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง.....	30
3.1 ความหมายของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง.....	30



3.2 จุดมุ่งหมายของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง .....	31
3.3 ข้อดีและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง .....	32
5. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	36
5.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	36
5.2 องค์ประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	37
6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	47
6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	47
6.2 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย .....	48
6.4 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	55
8.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	57
8.1 งานวิจัยในประเทศ .....	57
8.2 งานวิจัยต่างประเทศ .....	60
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	63
1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	63
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	64
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ.....	64
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	87
4.1 แบบแผนการวิจัย.....	87
4.2 วิธีการดำเนินการวิจัย .....	87
5. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	88
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	89
6.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ.....	89
6.2 สถิติพื้นฐาน .....	92
6.3 สถิติทดสอบสมมติฐาน.....	93

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	94
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	95
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	100
1. ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	100
2. สรุปผล.....	100
3. อภิปรายผล.....	101
4. ข้อเสนอแนะ.....	104
บรรณานุกรม.....	106
ประวัติผู้เขียน.....	188



## สารบัญตาราง

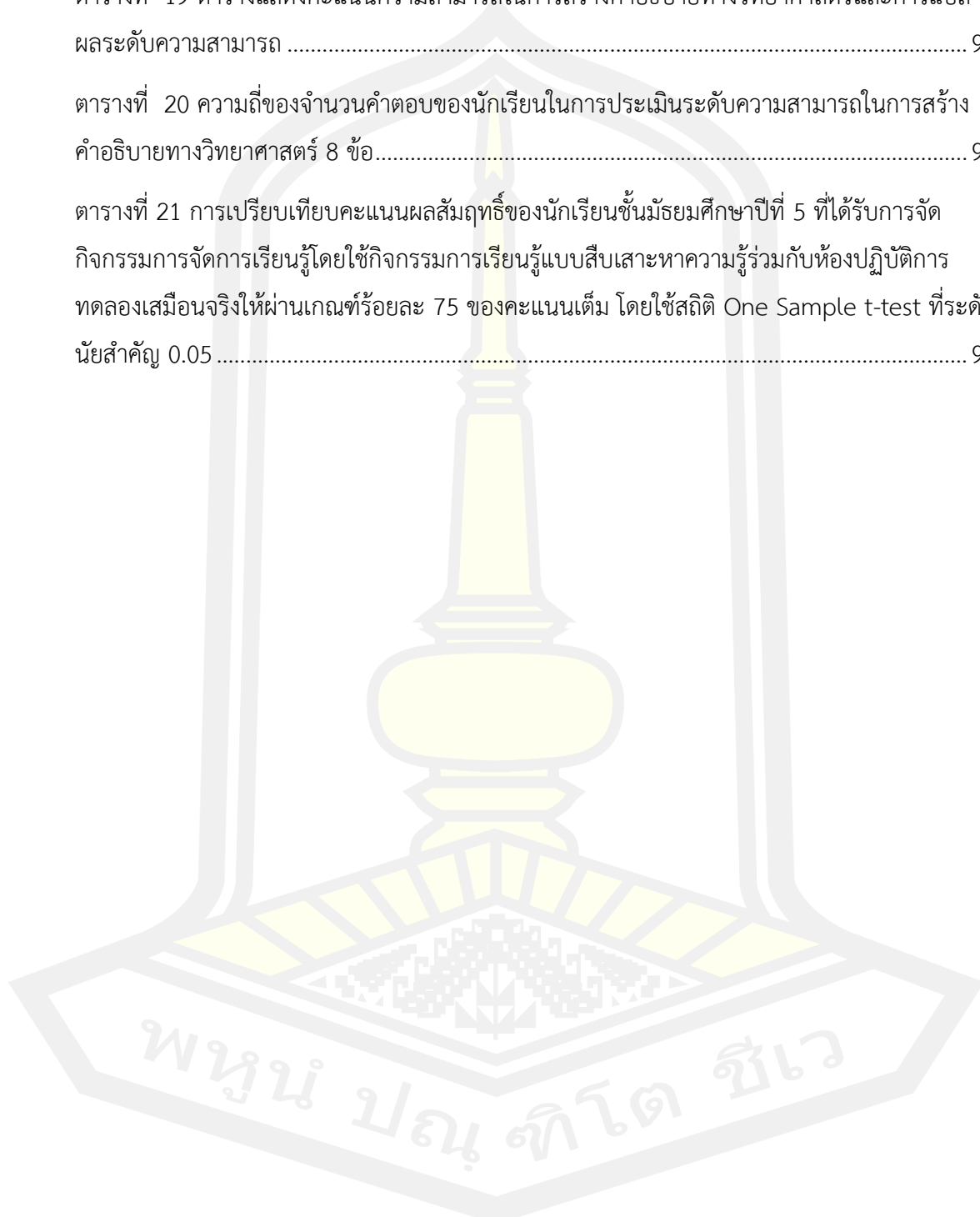
	หน้า
ตารางที่ 1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	24
ตารางที่ 2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ .....	27
ตารางที่ 3 แสดงข้อดีและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง.....	33
ตารางที่ 4 แสดงข้อดีและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง.....	33
ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ.....	41
ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินแบบทั่วไปตามองค์ประกอบทางวิทยาศาสตร์ .....	41
ตารางที่ 7 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจาก เกณฑ์การประเมิน McNell and Krajcik (2014).....	43
ตารางที่ 8 แสดงการแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับช่วงคะแนน	44
ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	44
ตารางที่ 10 แสดงการแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับช่วงคะแนน .....	45
ตารางที่ 11 แสดงเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์.....	45
ตารางที่ 12 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ McNeill and Krajcik (2014)	46
ตารางที่ 13 อนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของ Bloom.....	52
ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลา .....	66
ตารางที่ 15 แสดงการวิเคราะห์และการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา และ จุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับ ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ .....	77
ตารางที่ 16 การวิเคราะห์จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีจำแนกตาม พฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ระดับ ได้แก่ จำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์.....	83
ตารางที่ 17 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design.....	87

ตารางที่ 18 แสดงการแปลผลระดับความสามารถตามช่วงคะแนน..... 89

ตารางที่ 19 ตารางแสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการแปล  
ผลระดับความสามารถ ..... 95

ตารางที่ 20 ความถี่ของจำนวนคำตอบของนักเรียนในการประเมินระดับความสามารถในการสร้าง  
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 8 ข้อ..... 97

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัด  
กิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการ  
ทดลองเสมือนจริงให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test ที่ระดับ  
นัยสำคัญ 0.05 ..... 99



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

การศึกษาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันให้ความสำคัญกับการมีบทบาท มีส่วนร่วมในการสร้างสังคมวิทยาศาสตร์ ทั้งในชีวิตจริง ในบริบทสังคม และบริบทของโลกโดยรวม ด้วยการสร้างความสนใจในวิทยาศาสตร์ การสนับสนุนและส่งเสริมการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) และมีเป้าหมายเพื่อการเรียนรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ของพลเมือง (นันทวัน นันทวนิช, 2557) ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) บริบทของวิทยาศาสตร์ 2) ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 3) เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และ 4) สมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นการเตรียมเยาวชนให้เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ด้วยการพัฒนาหลักสูตรและกระบวนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้เกิดการแสวงหาความรู้ของนักเรียนอย่างเสมอภาค สามารถดำเนินชีวิตและมีส่วนร่วมในการดำเนินกิจกรรมของสังคมวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีคุณภาพชีวิตที่ดีเท่าทันต่อความก้าวหน้าของโลกจึงมีความสำคัญอย่างมาก (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) การเรียนวิทยาศาสตร์จึงไม่ใช่แค่การท่องจำความรู้เท่านั้น แต่นักเรียนต้องทำความเข้าใจในองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้เป็นอย่างดี และสามารถสะท้อนความรู้ ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ผ่านการอภิปรายการโต้แย้งด้วยเหตุผล การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หรือการทำกิจกรรมที่นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น และสรุปประเด็นในการหาคำตอบที่ถูกต้องของปัญหาได้ เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) โดยเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยนั้น คือ การเตรียมนักเรียนให้มีความเป็นเหตุเป็นผลในการแก้ปัญหา และการสร้างคำอธิบายโดยจะต้องใช้เหตุผลจากหลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาคำตอบ การได้คำตอบที่ถูกต้องอาจจะมาจากกลยุทธ์ที่หลากหลายแต่นักเรียนจะต้องอ้างหลักฐาน (Evidence) และอธิบายเหตุผลประกอบ (Reasoning) เพื่อเชื่อมโยงคำตอบหรือข้อกล่าวอ้าง (Claim) ที่ถูกต้องนั้นได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2552) จะเห็นได้ว่าการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญที่จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนเกิดขึ้น โดยการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation) ถูกกำหนดไว้ใน การประเมินผลการเรียนในระดับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment, PISA, 2018) ที่มุ่งเน้นไปสู่การทดสอบความสามารถทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียน 3 ประการ คือ 1) การระบุประเด็นทางวิทยาศาสตร์ (Identify Scientific Issue) 2) การอธิบาย

ปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Explanation of Phenomena) และ 3) การใช้หลักฐานเชิงวิทยาศาสตร์ (Evidence) จากผลการประเมินของ PISA ในปี ค.ศ. 2018 พบว่าประเทศไทยมีคะแนนเฉลี่ยในด้านวิทยาศาสตร์ที่ต่ำกว่าค่าคะแนนเฉลี่ยในระดับนานาชาติโดยนักเรียนไทยส่วนมากคิดเป็นร้อยละ 46.7 มีผลการประเมินไม่ถึงระดับ 2 (ช่วงคะแนนตั้งแต่ 410 ขึ้นไป แต่ต่ำกว่า 484 คะแนน) ซึ่งตามเกณฑ์ของ PISA จัดว่าเป็น “ระดับพื้นฐานต่ำสุด” ที่นักเรียนที่จบการศึกษาขั้นพื้นฐานควรมีสมรรถนะถึงระดับนี้ โดยความสามารถทางวิทยาศาสตร์ที่ระดับ 2 นั้น ประเมินได้ว่านักเรียนไม่สามารถดึงเอาความรู้ด้านเนื้อหาจากชีวิตประจำวันและความรู้ด้านกระบวนการพื้นฐานมาใช้เพื่อบอกถึงคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ตีความข้อมูล และตั้งปัญหาของเรื่องเพื่อออกแบบการทดลองอย่างง่ายได้ นักเรียนไม่สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทั่วไปเพื่อบอกข้อสรุปจากข้อมูลชุดที่ไม่ซับซ้อน และสามารถสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนขาดความรู้เกี่ยวกับการได้มาของความรู้หรือวิหาคำความรู้เพื่อระบุปัญหาที่สามารถตรวจสอบได้โดยวิธีทางวิทยาศาสตร์ได้ นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับค่าคะแนนในครั้งที่ผ่านมา พบว่า ด้านวิทยาศาสตร์มีคะแนนลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (The Institute for the Promotion of Teaching Science and Technology, 2018) จากการรายงานผลการเรียนของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทย์คณิตทั่วไปไม่เป็นที่น่าพอใจ (โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2563) ประกอบกับการสังเกตการสอนพบว่านักเรียนมักตอบคำถามแบบสั้น ๆ ไม่มีการยกเหตุผลมาสนับสนุนคำตอบ และไม่มีความมั่นใจในคำตอบของตนเองเพราะไม่มีเหตุผลมารับ) และจากการสัมภาษณ์ครูประจำการผู้มีประสบการณ์ด้านการสอนในรายวิชาเคมีพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ในปีที่ผ่านมามีปัญหาในส่วนของเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงหรือการเกิดปฏิกิริยาในระดับโมเลกุลที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งต้องใช้จินตนาการในการทำความเข้าใจถึงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นหรือการเปลี่ยนแปลงของสารในการทดลอง ทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจซึ่งส่งผลให้มีการสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ ต่าง ๆ ที่ยังไม่เป็นที่ยอมรับในทางวิทยาศาสตร์ หรือการให้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานยังไม่ถูกต้องเท่าที่ควร ซึ่งให้เห็นว่านักเรียนขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ไม่สามารถนำความรู้มาใช้อธิบายประกอบได้และขาดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (กนกวรรณรัตน์พลแสน, 2564) จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และพบว่า การจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ควรเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้

นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้า แสวงหาคำตอบ และตรวจสอบด้วยตัวของนักเรียนเอง (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2560)

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Method) เป็นอีกหนึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวอยู่บนฐานแนวคิดทฤษฎีสรรมนิยม (Constructivism) ซึ่งการสืบเสาะนั้นมีหลากหลายรูปแบบ และรูปแบบที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายคือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น หรือ (5E) ซึ่งมีลำดับขั้นในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะเห็นว่า เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจ ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง นำมาสร้างเป็นคำอธิบายเพื่อตอบคำถามหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนานสามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) ซึ่งมีงานวิจัยกล่าวว่าการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายทั่วไป อีกทั้งยังสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนให้ดีขึ้น โดยนักเรียนจะได้คำตอบหรือข้อสรุป (Claim) จากการสืบค้น ทดลอง สำรวจตรวจสอบ หาหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence) เพื่อมาสนับสนุนข้อสรุปหรือคำตอบที่ได้ และหาเหตุผลประกอบ (Reasoning) เพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและคำตอบ (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2560) ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ มาใช้ในงานวิจัยเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

แต่เนื่องจากวิชาเคมีเป็นวิชาที่เน้นให้นักเรียนมีการทดสอบและทดลองด้วยตัวนักเรียนเองเป็นหลักเพื่อหาเหตุและผลของสูตรหรือทฤษฎีนั้น ๆ ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร และเกิดผลตอบสนองแบบใด ซึ่งวิชาเคมีเป็นวิทยาศาสตร์กายภาพแขนงหนึ่งที่ศึกษาและอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นของสารการเปลี่ยนแปลงของสาร สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของธาตุซึ่งมีทักษะพื้นฐานสามประการที่สำคัญ คือ 1) การสังเกตและการวัดในระดับที่สามารถมองเห็นได้ 2) การใช้สัญลักษณ์ทางเคมีและสมการแสดงความสัมพันธ์ในเชิงคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมาย และ 3) การทำนาย

ปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับอะตอมโมเลกุลในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ส่วนใหญ่ทำให้นักเรียนทำความเข้าใจได้ยาก นักเรียนจึงมักใช้การท่องจำเป็นส่วนใหญ่ (Gabel, 1999) จากปัญหาและข้อจำกัดที่ได้กล่าวมาจึงจำเป็นต้องหาวิธีการหรือเทคโนโลยีต่าง ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี ซึ่งในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการศึกษาได้มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาขึ้นอย่างมาก โรงเรียนต่าง ๆ ได้นำคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ประกอบการศึกษามากขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอน ทำให้มีการพัฒนาโปรแกรมต่าง ๆ ซึ่งโปรแกรมที่น่าสนใจอีกหนึ่งโปรแกรมคือ การใช้โปรแกรมห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนจริง (Virtual Laboratory) ซึ่งห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงสามารถสร้างบทปฏิบัติการทดลองเคมีซึ่งคล้ายกับการปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมีจริง โปรแกรมนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานเครื่องแก้ว เช่น ปีกเกอร์, ขวดรูปชมพู่, ปิเปต, บิวเรต และยังแสดงคุณสมบัติพื้นฐานของสารนั้นด้วย เช่น สถานะ, มวลโมเลกุล, เอนทัลปี, เอนโทรปี และปฏิกิริยา (ชัยวัฒน์ เชื้อมั่ง และวัลลภ คงนะ, 2552) โดยการทดลองผ่านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงจะให้ผลการทดลองที่ใกล้เคียงกับความจริง ง่ายต่อการทดลองที่อันตราย และยังประหยัดค่าใช้จ่าย (Herka and Dynevski, 2010) ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อให้นักเรียนได้ทำการทดลองที่สามารถทำได้ยากในชั้นเรียน นอกจากนี้ในการทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาเคมีจำเป็นต้องเห็นถึงระดับอนุภาค ซึ่งในการทำการทดลองจริงอาจไม่สามารถเห็นลึกซึ่งถึงรายละเอียดโดยรวมทั้งหมดคือ ไม่สามารถเห็นถึงระดับอนุภาคได้ (Sub-Microscopic Level) แต่ในการทดลองเสมือนจริงสามารถทำได้เนื่องจากการทดลองเสมือนจริงเป็นการจำลองให้เสมือนกับการทำการทดลองจริงและมีการจำลองเพื่ออธิบายให้เห็นการเปลี่ยนแปลงถึงระดับอะตอม ทำให้สามารถมองเห็นในระดับอนุภาคได้ (Stone, 1993) จากข้อความดังกล่าวจะเห็นว่าการใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงจะช่วยให้นักเรียนได้ลงมือทดลองผ่านคอมพิวเตอร์และสถานการณ์จำลองทำให้มองเห็นถึงระดับโมเลกุลซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาในรูปแบบรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ (Cengiz, 2010)

ดังนั้นจากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นและเหตุผลตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะเพิ่มประสิทธิภาพการสอน ด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เพื่อช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสาร การเกิดปฏิกิริยา หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านการทดลองเสมือนจริงที่สร้างขึ้นสร้างขึ้นจนสามารถนำมาสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง สมบูรณ์และมีความ เป็นเหตุเป็นผลมากขึ้น



### ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้อยู่ในระดับดี
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

### สมมติฐานของงานวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

### ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยครั้งนี้เป็นข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความสำคัญดังนี้

1. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ได้กิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในการนำไปใช้จัดการเรียนรู้ให้เกิดประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น และเป็นแนวทางในการกิจกรรมการเรียนรู้สำหรับผู้สอน วิทยาศาสตร์ระดับชั้นอื่น ๆ ต่อไป
2. ผลจากการวิจัยครั้งนี้ทำให้ได้แนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี สำหรับผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

### ขอบเขตงานวิจัย

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทั่วไป โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่กำลังเรียนวิชาเคมีในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 5 ห้องเรียน
2. การสุ่มตัวอย่างในงานวิจัย ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามทั่วไปที่กำลังเรียนวิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 33 คน
3. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ตัวแปรต้น ได้แก่ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

3.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี

#### 4. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาวิชาเคมี 3 รหัสวิชา ว32232 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 12 ชั่วโมง สัปดาห์ละ 4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 3 สัปดาห์ ประกอบไปด้วย

4.1 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.3 คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.4 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.5 พลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

4.6 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.7 พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.8 อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.9 ตัวเร่งกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.10 ตัวเร่งกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

#### 5. ระยะเวลาทำการวิจัย

ระยะเวลาในการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 โดยใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 12 ชั่วโมง

#### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual Laboratory) หมายถึงห้องปฏิบัติการทดลองที่มีสภาพแวดล้อม วัตถุ อุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลองเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการทดลองจริง เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงมีการทดลองผ่านคอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถแสดงแบบจำลองภาพเคลื่อนไหว (Simulation) และข้อมูลต่างๆ เช่น กราฟ ความสัมพันธ์ โมเลกุลหรืออนุภาคของสาร เวลา ขณะทำการทดลอง อีกทั้งยังสามารถควบคุมสถานะต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ในขณะที่ทำการทดลองให้เหมาะสมตามต้องการและไม่ต้องทำการทดลอง

ในสถานที่จริงได้ โดยในงานวิจัยนี้ใช้โปรแกรม Yenka และ PHET เพื่อให้นักเรียนได้ทำการทดลองหรือศึกษาค้นคว้าข้อมูล เพื่อนำไปสู่การสร้างคำอธิบายต่อปรากฏการณ์ ปฏิบัติทางเคมีที่เกิดขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง หมายถึงการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้สำรวจ ตรวจสอบ สืบสอบ หาความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบกับการใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง สื่อหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบและข้อมูลต่าง ๆ ผ่านทางคอมพิวเตอร์ ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอนได้แก่

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเสนอข้อมูลหรือสิ่งที่น่าสนใจโดยที่ครูเป็นผู้นำเสนอผ่านคำพูด รูปภาพ สื่อเคลื่อนไหวต่าง ๆ หรือนำเสนอปฏิกริยาต่างๆผ่านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ซึ่งเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา การตั้งสมมติฐาน กำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดเรื่องที่ต้องการศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และใช้วิธีการที่หลากหลายเพื่อเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบ และมีครูคอยตั้งคำถามและสนทนาเพื่อกระตุ้นความสนใจขณะนักเรียนกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้วางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกต หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ผ่านการทำการทดลองผ่านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาปฏิกริยาระดับอนุภาคผ่านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ประกอบกับการศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารหรือแหล่งข้อมูลต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เพียงพอและจดบันทึกลงในใบกิจกรรมหรือสมุด ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูจะเป็นผู้คอยให้คำแนะนำและอำนวยความสะดวก

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลจากการทดลองผ่านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงหรือการศึกษาข้อมูลต่างๆในขั้นที่ 2 แล้ว จึงนำข้อมูลต่างๆที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง ผ่านทางคอมพิวเตอร์ ในขั้นนี้ครูผู้สอนอาจจะช่วยให้นักเรียนลงข้อสรุปได้ง่ายขึ้นด้วยการตั้งคำถามเพื่อให้เห็นแนวทางที่เป็นไปได้หรือสร้างสถานการณ์จำลองผ่านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อให้นักเรียนสามารถสรุปใจความสำคัญในรูปแบบรูปธรรมและนำไปสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆหรือปฏิกริยาต่างๆที่เกิดขึ้นได้ สิ่งที่สำคัญในขั้นตอนนี้คือครูไม่ควรปล่อยให้มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม โดยที่ครูเป็นคนกำหนดสถานการณ์หรือคำถามต่างๆ และสุมให้นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการอธิบายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น

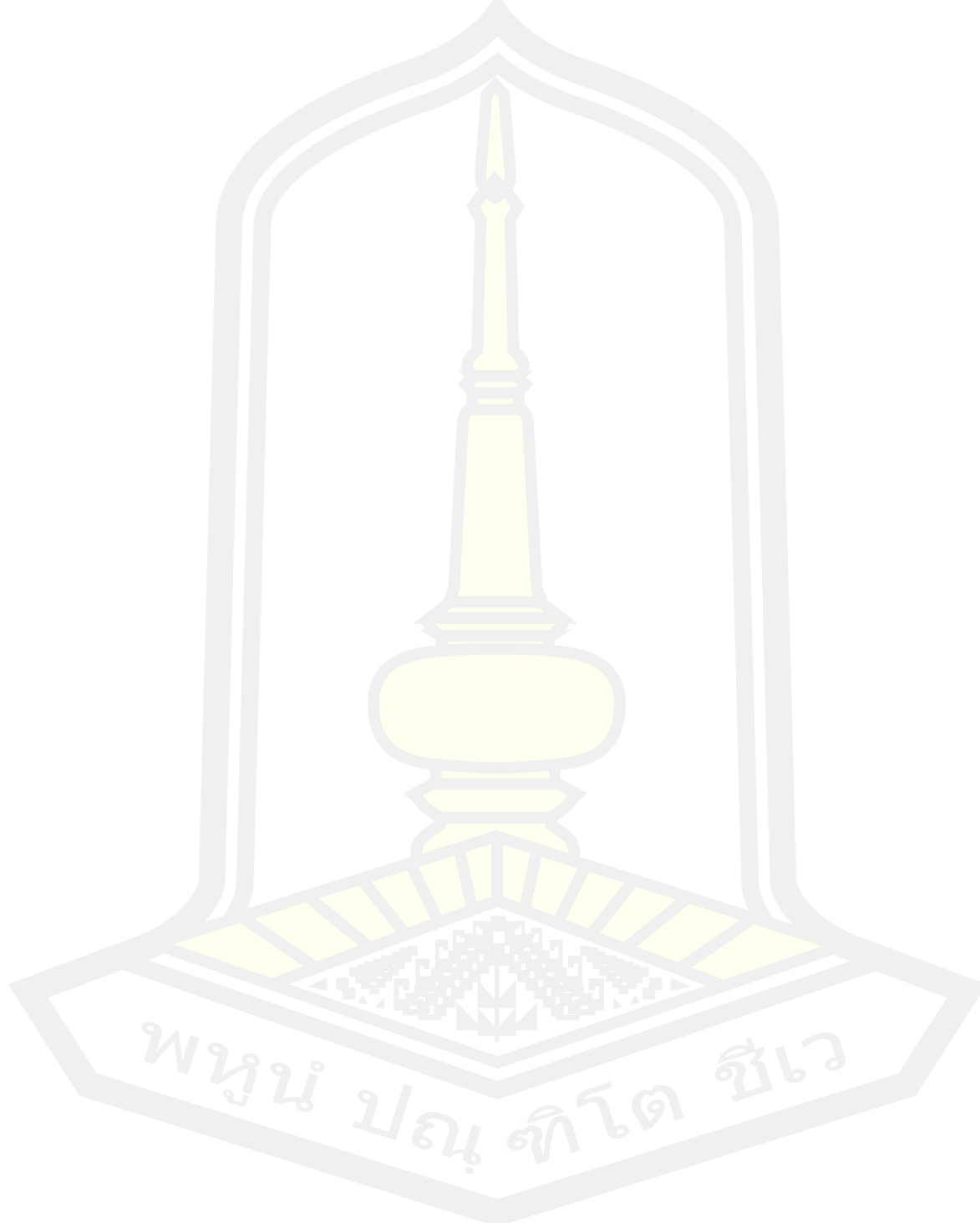
ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) ในขั้นตอนนี้ครูจะทำการประเมินความรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น การทดสอบ การตอบคำถาม ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใด จากนั้นนำไปประยุกต์ใช้กับเรื่องอื่น ๆ

4. การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งยังเป็นการหาคำตอบของปัญหาต่างๆ อย่างละเอียดเป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อการสื่อสาร โดยอาศัยการอ้างอิงหลักฐานที่ได้มาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ในการทำความเข้าใจและอธิบายถึงวิธีการและความเป็นไปของปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น โดยสร้างความสัมพันธ์เชิงตรรกะที่เป็นเหตุเป็นผลเพื่อสนับสนุนความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานและคำกล่าวอ้างที่เชื่อถือได้ซึ่งองค์ประกอบหลักของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบตามแนวคิดของ Mcneil and Krajcik (2014) ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) คือ การยืนยันหรือลงข้อสรุปของคำถาม
2. หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างซึ่งข้อมูลนี้จะได้มาจากการสำรวจตรวจสอบจากหลายแห่ง เช่น การสังเกตสิ่งรอบตัว การทดลอง การอ่านเอกสารสำคัญ การได้รับข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งหลักฐานจะต้องเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและส่วนที่
3. การให้เหตุผล (Reasoning) คือการแสดงผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานสนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสมและถูกต้อง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2014) ตามเนื้อหาในวิชาเคมี3 ว32232 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นข้อสอบอัตนัยจำนวน 8 ข้อ ซึ่งในแต่ละข้อประกอบไปด้วยสถานการณ์และข้อความย่อเพื่อประเมินความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการจัดการเรียนรู้ที่วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยซึ่งในงานวิจัยนี้ประเมิน 4 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้ และ ระดับการวิเคราะห์ โดยใช้แบบทดสอบวัดผล

สัมฤทธิ์ทางการเรียนตามเนื้อหาในวิชาเคมี 3 ว32232 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบปรนัยเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการ แนวคิด ทฤษฎี จากเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการวิจัยในครั้งนี้ดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
  - 1.1 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.1 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.3 ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
  - 2.5 ข้อดีและจำกัดของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้
3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง
  - 3.1 ความหมายของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง
  - 3.2 จุดมุ่งหมายของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง
  - 3.3 ข้อดีและข้อจำกัดของการทดลองปกติกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง
  - 3.4 ลักษณะการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนจริง
  - 3.5 ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงที่ใช้ในงานวิจัย
4. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
  - 4.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
  - 4.2 องค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
  - 4.3 การสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
  - 4.4 การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 5.2 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย
  - 5.3 หลักการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 5.4 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 6.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

##### 6.1 งานวิจัยในประเทศ

##### 6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

#### 1.1 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม)

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) (2563) ได้กล่าวถึง หลักสูตรสถานศึกษาใน รายละเอียดเกี่ยวกับ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร คำอธิบายรายวิชาเพิ่มเติม ว32232 เคมี 3 ดังนี้

##### 1.2.1 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

1. เป็นหลักสูตรที่เน้นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ
2. ส่งเสริมให้นักเรียนมีความเจริญงอกงามด้านสติปัญญา ร่างกาย จิตใจ และสังคม
3. พัฒนาศักยภาพนักเรียนในหลายหลักสูตรและมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง มีวิชาเลือกเสรีเฉพาะด้าน สำหรับพัฒนานักเรียนตามความสนใจและความถนัด

4. พัฒนาศักยภาพนักเรียนในหลักสูตรที่หลากหลายในระดับชั้น ม.ปลายและมีการพัฒนาคุณภาพนักเรียนตามความสนใจและความถนัด อย่างต่อเนื่อง โดยในสายวิทยาศาสตร์มีหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สุขภาพ หลักสูตรวิทยาศาสตร์วิศวกรรม หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไป หลักสูตร SCIENCE - MATHEMATICS GIFTED หลักสูตรโครงการ รวม. และสายศิลป์มีหลักสูตร ENGLISH GIFTED หลักสูตรศิลป์ภาษา ซึ่งเน้นภาษาที่หลากหลาย มีวิชาเลือกเสรีเฉพาะด้านสำหรับพัฒนานักเรียนตามความสนใจและความถนัดมีทักษะในการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

5. สามารถให้นักเรียนมีความรับผิดชอบ มีวินัยในตนเอง กล้าคิด กล้าแสดงความคิดเห็น และมี สภาวะความเป็นผู้นำเพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นประชาธิปไตย

6. มีคุณธรรมจริยธรรมในด้านความกตัญญู ความเมตตากรุณา ความเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ความซื่อสัตย์ รู้จักประหยัด รักษาวัฒนธรรมไทยและความสามัคคีและมีค่านิยมในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม

7. มีความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และมีความคิดสร้างสรรค์ สามารถตัดสินใจและนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการดำรงชีวิต เพื่อประโยชน์ที่จะเกิดกับตนเองและสังคม

8. มีทักษะในการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศในการจัดการเพื่อการส่งค้นข้อมูลและนำเสนอ

9. มีสุนทรียภาพในด้านศิลปะ ดนตรีและกีฬา

10. มีวิจารณ์ญาณในการแก้ปัญหาสามารถปรับตัวและเผชิญกับปัญหาได้อย่างชาญฉลาด

1.2.2 คำอธิบายรายวิชา เคมี 3 รหัสวิชา ว32232 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

และเทคโนโลยีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 เวลา 80 ชั่วโมง จำนวน 2 หน่วยกิต

ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา คำนวณ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา เขียนแผนภาพ และอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยา ยกตัวอย่าง และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม คำนวณ เลขออกซิเดชัน และระบุปฏิกิริยาที่เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์ วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันและระบุตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์รวมทั้งเขียนครึ่งปฏิกิริยาออกซิเดชันและครึ่งปฏิกิริยารีดักชันของปฏิกิริยารีดอกซ์ ทดลองและเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวรีดิวซ์หรือตัวออกซิไดส์และเขียนแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ ดุลสมการรีดอกซ์ ด้วยการใช้เลขออกซิเดชันและวิธีครึ่งปฏิกิริยา ระบุองค์ประกอบของเซลล์เคมีไฟฟ้า และเขียนสมการเคมีของปฏิกิริยาที่แอโนดและแคโทด ปฏิกิริยารวม และแผนภาพเซลล์คำนวณค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของเซลล์และระบุประเภทของเซลล์เคมีไฟฟ้า ขั้วไฟฟ้าและปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นอธิบายหลักการทํางาน และเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาของเซลล์ปฐมภูมิและเซลล์ทุติยภูมิทดลองชุบโลหะและแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า และอธิบายหลักการทางเคมีไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบโลหะ การแยกสารเคมีด้วยกระแสไฟฟ้า การทำโลหะให้บริสุทธิ์และการป้องกันการกัดกร่อนของโลหะสืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับเซลล์เคมีไฟฟ้าในชีวิตประจำวัน ศึกษาและสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับชนิด สมบัติ และการนำมาใช้ประโยชน์ของธาตุและสารประกอบที่สำคัญในประเทศไทย ศึกษาการถลุงหรือสกัดแร่เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมแร่ อุตสาหกรรมเซรามิกส์อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับโซเดียมคลอไรด์และอุตสาหกรรมปุ๋ย โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้การสำรวจตรวจสอบการสืบค้นข้อมูล และการอภิปราย เพื่อให้เกิดความรู้ความคิด ความเข้าใจ สามารถสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้มีความสามารถในการตัดสินใจ เห็นคุณค่าของการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันมีจิตวิทยาศาสตร์จริยธรรมคุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

1.2.3 ผลการเรียนรู้รายวิชา เคมี 3 รหัสวิชา ว32232 จำนวน 16 ข้อ

1. สามารถอธิบายความหมายของปฏิกิริยารีดักชัน ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยารีดอกซ์ ตัวรีดิวซ์และตัวออกซิไดส์ได้ พร้อมทั้งบอกประโยชน์ของปฏิกิริยารีดอกซ์

2. สามารถเรียงลำดับความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของธาตุหรือไอออนต่างๆที่ได้จากการทดลอง และเปรียบเทียบความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์และตัวรีดิวซ์ได้



3. สามารถดุลสมการรีดอกซ์โดยวิธีครึ่งปฏิกิริยาและวิธีเลขออกซิเดชันได้
4. สามารถอธิบายหลักการทํางานพร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์กัลวานิกได้
5. สามารถเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้
6. สามารถบอกความแตกต่างระหว่างเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโทรไลต์ได้
7. สามารถนำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์มาใช้ในการแยกสารเคมีด้วยไฟฟ้าพร้อมทั้งเขียนสมการ แสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
8. สามารถอธิบายหลักการชุบโลหะด้วยไฟฟ้าและการทำให้บริสุทธิ์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยา ที่เกิดขึ้นได้
9. สามารถอธิบายสาเหตุพร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาการผุกร่อนของโลหะ และวิธีการป้องกัน การผุกร่อนของโลหะได้
10. สามารถอธิบายพร้อมทั้งยกตัวอย่างการนำหลักการของเซลล์อิเล็กโทรไลต์และเซลล์กัลวานิกมาใช้ ประโยชน์ในด้านต่างๆได้
11. สามารถบอกความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
12. สามารถคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
13. แปลความหมายจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีได้
14. สามารถอธิบายกลไกของปฏิกิริยาและพลังงานก่อกัมมันต์กับปฏิกิริยาเคมีที่มีหลายขั้นตอนได้
15. สามารถอธิบายปัจจัยต่างๆที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาได้
16. สามารถใช้ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงพลังงานในปฏิกิริยาเคมีอธิบายผลของความเข้มข้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

## 2.เอกสารที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

### 2.1 ความหมายของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นที่รู้จักกันในหลายชื่อ เช่น การสอนแบบสืบสวนสอบสวน วิธีแบบสืบสอบ ซึ่งตรงคำว่า Inquiry Method ในภาษาอังกฤษโดยมีบุคคลต่างๆให้ความหมายไว้ดังนี้

Good (1973) อธิบายว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นเทคนิคหรือกลวิธีในการจัดการเรียนรู้เนื้อหาบางอย่างของวิชาวิทยาศาสตร์ โดยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย อยากรู้

อยากเห็น และแสวงหาความรู้โดยการถามคำถาม และพยายามค้นหาคำตอบด้วยตัวเอง ซึ่งปรากฏการณ์ใหม่ ๆ ที่นักเรียนได้เผชิญแต่ละครั้ง จะเป็นตัวกระตุ้นการคิด การสังเกต การใช้วิธีการอย่างชาญฉลาด สามารถตรวจสอบได้และมีการสรุปอย่างมีเหตุผล

สุวิมล เขียวแก้ว (2540) ได้ให้ความหมายว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการจัดกิจกรรมที่ครูสามารถจัดสถานการณ์ หรือกิจกรรมต่าง ๆ ที่ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเองให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา สามารถวางแผนและกำหนดวิธีการต่าง ๆ ในการดำเนินงานและกำหนดวิธีการค้นหาความรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้ด้วยตนเองโดยไม่พึ่งพิงการบรรยายจากครูเพียงอย่างเดียว

ภพ เลหาไพบุลย์ (2542) ได้ให้ความหมายการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตัวเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครูวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องเตรียมสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของกระบวนการสอน จัดลำดับเนื้อหา โดยที่ครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยและนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้เช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และเปลี่ยนแนวความคิดของนักเรียนจากผู้รับความรู้เป็นผู้แสวงหาความรู้

สาขาชีววิทยา สสวท. (2550) ได้ให้ความหมายว่า การสืบเสาะหาความรู้ เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งกล่าวไว้ว่าเป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบตรวจสอบ และ ค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และ เกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า

ทิตินา แคมมณี (2553) กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบ หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอน โดยที่ผู้สอนกระตุ้นนักเรียนให้เกิดคำถาม เกิดความคิดและลงมือแสวงหาคำตอบเพื่อนำมาประมวลหาคำตอบและลงข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกด้านต่าง ๆ ให้แก่นักเรียนในด้านการสืบค้นหา แหล่งความรู้การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูลการอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่นเป็นต้น

จากการให้ความหมายของบุคลากรทางการศึกษาต่าง ๆ ที่กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ คือ กระบวนการสอนที่เน้นให้นักเรียนได้มีโอกาสในการแสวงหา

คำตอบด้วยตนเอง โดยที่ครูเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัย กำหนดประเด็นปัญหาต่าง ๆ จากปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน จากนั้นนักเรียนจะแสวงหาคำตอบด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประมวลผล และนำมาตรวจสอบหาข้อเท็จจริง อธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นและลงข้อสรุปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยที่ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ให้นักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะปลูกฝังให้นักเรียนมีความคิดแบบนักวิทยาศาสตร์ มีความใฝ่รู้และแสวงหาความรู้ใหม่จากสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้และเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ใหม่

2.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้  
การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

### 2.2.1 ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivism)

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยการสร้างความรู้ของนักเรียน ซึ่งถ้าพิจารณาจากรากศัพท์ “Construct” แปลว่า “สร้าง” โดยในที่นี้หมายถึงการสร้างความรู้โดยนักเรียน ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ เป็นการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของนักเรียน โดยที่นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ โดยการนำประสบการณ์หรือสิ่งที่พบเห็นในสิ่งแวดล้อมหรือสารสนเทศใหม่ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับ ความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม มาสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง ความเชื่อพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองนั้นมาจาก 3 แหล่งที่มา ได้แก่ ทฤษฎีพัฒนาการของ Piaget ทฤษฎีของ Vygotsky และ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของ Peper

#### 1. ทฤษฎีเขาวนปัญญาของ Piaget

Jean Piaget (กล่าวถึงในสุรางค์ โคว์ตระกูล, 2553) กล่าวว่าเด็กจะสร้างความรู้หรือพัฒนาสติปัญญาผ่านการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อม และมีพัฒนาการทางสติปัญญาตามช่วงวัยด้วยกันทั้งหมด 4 ขั้น โดยกระบวนการทางสติปัญญาของเด็กจะเกิดขึ้นจากการปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมอยู่ 2 แบบ คือ การซึมซับประสบการณ์ (Assimilation) และการปรับโครงสร้างสติปัญญา (Accommodation) ตามสภาพแวดล้อมเพื่อให้เกิดความสมดุลในความคิดความเข้าใจ (Equilibration) กล่าวคือ เด็กๆ จะซึมซับประสบการณ์ที่ได้รับ แล้วรวมเข้าด้วยกันเพื่อทำให้เกิดกระบวนการคิดเกิดขึ้น มีการเชื่อมโยงระหว่างเรื่องเก่าที่เคยเรียนรู้มา ผสมกับเรื่องใหม่เข้าด้วยกัน ซึ่งเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องจนทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในความคิดและความเข้าใจของเด็ก สำหรับพัฒนาการทางสติปัญญาแบ่งออกเป็น 4 ขั้น ได้แก่

1. ขั้นของการใช้ประสาทสัมผัสและกล้ามเนื้อ (Sensorimotor Stage) ช่วงอายุแรกเกิด – 2 ขวบคือระยะที่ 1 เรียกว่า ขั้นของการใช้ประสาทสัมผัสและกล้ามเนื้อ (Sensorimotor Stage) พฤติกรรมของ

เด็กในวัยนี้ขึ้นอยู่กับการเล่นเป็นส่วนใหญ่ เช่น การไขว่คว้า การเคลื่อนไหว การมอง การดู เด็กจะพัฒนาการแก้ปัญหาโดยไม่ต้องใช้ภาษาเป็นสื่อ เพราะจะแสดงออกในรูปของการกระทำแทน เป็นช่วงเริ่มต้นที่จะเรียนรู้ในการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม เด็กมักจะทำอะไรซ้ำบ่อยๆ ซึ่งเกิดจากการเลียนแบบ และจะพยายามแก้ปัญหาแบบลองผิดลองถูกด้วยตัวเอง ดังนั้น การให้ลูกได้ลองทำอะไรด้วยตัวเองจะเป็นการพัฒนาสติปัญญาของเด็กวัยนี้

2. **ขั้นเตรียมความคิดที่มีเหตุผล (Preoperational Stage)** ช่วงอายุ 2-7 ปี คือ ระยะที่ 2 เรียกว่า ขั้นเตรียมความคิดที่มีเหตุผล หรือการคิดก่อนปฏิบัติการ (Preoperational Stage) พัฒนาการเข้าใจปัญหาของเด็กวัยนี้เน้นไปที่การเรียนรู้ และเริ่มมีพัฒนาการทางภาษาดีขึ้นด้วย โดยสามารถพูดได้เป็นประโยค มีการสร้างคำได้มากขึ้น แต่เด็กยังไม่สามารถใช้สติปัญญาคิดได้อย่างเต็มที่ แบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ 2.1. **ขั้นก่อนเกิดสิ่งกัป (Preconceptual Thought)** สิ่งกัปคือการนึกคิด เป็นขั้นพัฒนาการของเด็กอายุ 2-4 ปี ซึ่งเขาจะยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง ความคิดของเขา คือ จะโยงความสัมพันธ์ของแต่ละเหตุการณ์มาเกี่ยวข้องกัน ซึ่งอาจจะไม่ใช่สิ่งที่ถูกต้อง จะมีความเข้าใจต่อสิ่งต่างๆ ในเบื้องต้น เช่น จะเรียกสัตว์ที่มี 4 ขาทั้งหมดว่า หมา ซึ่งนั่นเป็นเพราะเขามีขีดจำกัดในการเรียนรู้ และเข้าใจอะไรได้ในมิติเดียว สำหรับสิ่งที่จะทำให้เด็กในวัยนี้มีพัฒนาการทางสติปัญญาที่ดีก็คือ การเล่นบทบาทสมมติ 2.2. **ขั้นการคิดแบบญาณหยั่งรู้ นึกออกเองโดยไม่ใช้เหตุผล (Intuitive Thought)** เป็นขั้นพัฒนาการของเด็ก อายุ 4-7 ขวบ ขั้นนี้ ถือเป็นช่วงหัวเลี้ยวหัวต่อของการคิด รู้จักแยกประเภทและแยกชิ้นส่วนของ สามารถแก้ปัญหาเฉพาะหน้าได้ รู้จักนำความรู้ในสิ่งหนึ่งไปอธิบายหรือแก้ปัญหาอื่นและสามารถนำเหตุผลทั่ว ๆ ไปมาสรุปแก้ปัญหาแต่ไม่ได้วิเคราะห์อย่างถี่ถ้วน เด็กจะเกิดความคิดรวบยอดเกี่ยวกับสิ่งต่างๆ ดีขึ้น แต่การคิดหาเหตุผลและการตัดสินใจของเด็กยังคงขึ้นอยู่กับสิ่งที่ตนรับรู้ การเล่นสำหรับเด็กวัยนี้คือ รูปแบบการเล่นที่มีกฎเกณฑ์และขั้นตอนเข้ามาเกี่ยวข้อง รวมไปถึงการเล่นบทบาทสมมติที่มีเรื่องราว ที่สอดคล้องกันอย่างมีเหตุมีผล

3. **ขั้นคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นรูปธรรม (Concrete Operation Stage)** ช่วงอายุ 7-11 ขวบ คือ ระยะที่ 3 เรียกว่า ขั้นคิดอย่างมีเหตุผลและเป็นรูปธรรม (Concrete Operation Stage) เด็กในวัยนี้ จะสามารถใช้เหตุผลในการตัดสินใจปัญหาต่างๆ ได้ดีขึ้น มีพัฒนาการทางด้านสติปัญญาหลายด้าน คือ สามารถสร้างจินตนาการในความคิดของตนขึ้นมาได้ สามารถคิดเปรียบเทียบได้ เรียงลำดับสิ่งต่างๆ ได้ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการคิดย้อนกลับ สามารถจัดกลุ่มหรือจัดการได้อย่างสมบูรณ์ เช่น การแบ่งแยกประเภทของสัตว์ สามารถสนทนากับบุคคลอื่นและเข้าใจความคิดของผู้อื่นได้ดี ที่สำคัญคือความสามารถในการจำของเด็กในช่วงนี้มีประสิทธิภาพขึ้น

4. **ขั้นของการคิดอย่างมีเหตุผลและอย่างเป็นทางการ (Formal Operation Stage)** ช่วงอายุตั้งแต่ 11 ขวบขึ้นไป คือ ระยะที่ 4 เรียกว่า ขั้นของการคิดอย่างมีเหตุผลและอย่างเป็นทางการ (Formal

Operation Stage) ในวัยนี้เขาจะไม่คิดจากสิ่งที่เห็นหรือได้ยินเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะคิดถึงสิ่งที่เคยเกิดขึ้นในอดีตและคาดเดาถึงอนาคตที่จะเกิดขึ้นข้างหน้า เพื่อให้ได้สมมติฐานที่สมเหตุสมผลมาสนับสนุนความคิด ซึ่งนั่นหมายถึงเด็กจะเริ่มคิดแบบผู้ใหญ่ได้ เข้าใจในสิ่งที่เขื่อนามธรรม เป็นตัวของตัวเอง ต้องการอิสระ ไม่ยึดตนเป็นศูนย์กลาง รู้จักการใช้เหตุผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 2. ทฤษฎีเขาวนปัญญาของ Vygotsky

Lev Vygotsky (กล่าวถึงในสุรางค์ โค้วตระกูล, 2553) กล่าวว่า การเข้าใจพัฒนาการของมนุษย์จะต้องเข้าใจวัฒนธรรมที่เด็กได้รับการอบรมเลี้ยงดูเพราะตั้งแต่แรกเกิด มนุษย์จะได้รับอิทธิพล จากสิ่งแวดล้อมที่เป็นผลงานของมนุษย์คือวัฒนธรรม ซึ่งวัฒนธรรมแต่ละวัฒนธรรมจะช่วยบ่งชี้ผลผลิตของพัฒนาการของเด็ก พัฒนาการทางเขาวนปัญญาของเด็กแต่ละวัยจะเพิ่มถึงขั้นสูงสุดตามศักยภาพของแต่ละบุคคลได้ก็ต่อเมื่อได้รับการช่วยเหลือจากผู้ใหญ่หรือผู้ที่อยู่ใกล้ชิดกับเด็ก ซึ่ง Vygotsky ได้แบ่งระดับของเขาวนปัญญาออกเป็น 2 ชั้น ดังนี้

1. เขาวนปัญญาชั้นเบื้องต้น คือเขาวนปัญญามูลฐานตามธรรมชาติโดยไม่ต้องเรียนรู้

2. เขาวนปัญญาชั้นสูง คือเขาวนปัญญาที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ใหญ่ที่ให้การอบรมเลี้ยงดู ถ่ายทอดวัฒนธรรมให้โดยใช้ภาษา Vygotsky ได้แบ่งพัฒนาการทางภาษาเป็น 3 ชั้น คือ

1. ภาษาที่ใช้ในการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น เรียกว่า ภาษาสังคม (Social Speech) เป็นภาษาที่เด็กใช้ ในการติดต่อสัมพันธ์กับผู้อื่น ในช่วงอายุ 0-3 ปี เพื่อสื่อสารความคิดความรู้สึกต่างๆที่ตนนั้นกำลังนึกคิด และต้องการที่จะแสดง ความต้องการอารมณ์ ความรู้สึกของตนเองกับผู้อื่น

2. ภาษาที่พูดกับตนเอง (Egocentric Speech) เป็นภาษาที่เด็กใช้พูดกับตนเองในช่วงอายุ 3-7 ปี โดยไม่เกี่ยวข้องกับผู้อื่นเพื่อช่วยในการคิด ตัดสินใจแสดงพฤติกรรม

3. ภาษาที่พูดในใจเฉพาะตน 7 ขวบขึ้นไป (Inner Speech) วิกอทสก็้อธิบายว่า มนุษย์ต้องใช้ภาษาในการคิด เด็กจะต้องพัฒนาภาษาในใจ ซึ่งเป็นการช่วยให้พัฒนาการทางสติปัญญาพัฒนาสูงขึ้นตามระดับอายุ เขาเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาไปตามขั้นตอนโดยใช้ภาษาภายในตนเอง สัญลักษณ์ที่ช่วยในกระบวนการพัฒนาสติปัญญา เครื่องหมายนี้แบ่งได้เป็น 3 ชนิดคือ

1. เครื่องหมายดัชนี (Indexical Sign) เป็นเครื่องหมายที่ใช้อธิบายสิ่งที่มีลักษณะเป็นเหตุ6 เป็นผลต่อกัน เช่น ฝนตกหนักทำให้น้ำท่วม

2. เครื่องหมายภาพตัวแทน (Iconic Sign) เป็นเครื่องหมายที่เป็นสื่อสัญลักษณ์ต่างๆ เช่น สีขาวของธงไตรรงค์เป็นสัญลักษณ์ของศาสนา

3. เครื่องหมายสัญลักษณ์ (Symbolic Sign) เป็นเครื่องหมายสัญลักษณ์แทนสิ่งที่เป็นนามธรรมในการคิด เช่น ภาษาระดับสติปัญญาที่ต่างกันของเด็กจะทำให้เด็กเลือกใช้เครื่องหมาย

ต่างกันนอกจากนี้ Vygotsky ยังอธิบายด้วยว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อ เด็กมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้ใหญ่ เช่น พ่อ แม่ครูหรือเพื่อน ในขณะที่เด็กอยู่ในสถานะสังคม และวัฒนธรรม ในกระบวนการเรียนรู้ และพัฒนาการเขาวรรณปัญญาเด็กหรือนักเรียน เปลี่ยนสิ่งเร้า ที่เกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมเขาไว้ภายในใจโดยอาศัยกลไกกลาง เป็นเครื่องช่วยเชื่อมโยง สิ่งเร้าภายนอกในสถานะสังคมให้เป็นส่วนหนึ่งของสิ่งที่มีอยู่เดิมภายในใจกลไกกลางที่ใช้คือ เครื่องมือและเครื่องหมาย ซึ่งเครื่องมือคือสิ่งที่เด็กใช้เพื่อ ช่วยในการทำงานให้สัมฤทธิ์ผล ตามความต้องการ ส่วนเครื่องหมายเป็นสิ่งที่ใช้แทนวัตถุสิ่งของที่เป็นรูปธรรมหรือนามธรรม

### 3. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองของ Papert

Seymour Papert (กล่าวถึงใน สุรางค์ โคว์ตระกูล, 2553) ได้กล่าวว่า ทฤษฎีการศึกษาการเรียนรู้ที่มี พื้นฐานอยู่บนกระบวนการการสร้าง 2 กระบวนการด้วยกัน

สิ่งแรกคือผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการสร้างความรู้ใหม่ขึ้นด้วยตนเอง ไม่ใช่รับแต่ข้อมูลที่ หลั่งไหลเข้ามาในสมองของผู้เรียนเท่านั้น โดยความรู้จะเกิดขึ้นจากการแปลความหมายของ ประสบการณ์ที่ได้รับ

สิ่งที่สองคือกระบวนการการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด หากกระบวนการนั้นมีความหมายกับผู้เรียนคนนั้น

จากที่กล่าวมาสามารถสรุปให้เป็นหลักการต่างๆที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ได้ดังนี้

1. หลักการที่ ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง หลักการเรียนรู้ตามทฤษฎี Constructionism คือ การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยให้ผู้เรียนลงมือประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีความหมาย ซึ่งจะรวมถึงปฏิภริยาระหว่างความรู้ในตัวของผู้เรียนเอง ประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมภายนอกการเรียนรู้จะได้ผลดีถ้าหากว่าผู้เรียนเข้าใจในตนเอง มองเห็นความสำคัญในสิ่งที่เรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงความรู้ ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่า(รู้ว่าตนเองได้เรียนรู้อะไรบ้าง)และสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ ขึ้นมาและเมื่อพิจารณาการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนโดยปกติที่เกิดขึ้นในห้องเรียนนั้น สามารถจะแสดงได้ดังรูป

ความรู้

ครู → ผู้เรียน

2. หลักการที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้โดยครูควรพยายามจัดบรรยากาศการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองโดยมีทางเลือกในการเรียนรู้ที่

หลากหลาย (Many Choice) และเรียนรู้อย่างมีความสุขสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่าง ความรู้ใหม่ กับความรู้เก่าได้ส่วนครูเป็นผู้ช่วยเหลือและคอยอำนวยความสะดวก

3. หลักการเรียนรู้จากประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมหลักการนี้เน้นให้เห็นความสำคัญของการเรียนรู้ร่วมกัน (Social value) ทำให้ผู้เรียนเห็นว่าคนเป็นแหล่งความรู้อีกแหล่งหนึ่งที่สำคัญ การสอนตามทฤษฎี Constructionism เป็นการจัดประสบการณ์เพื่อเตรียมคนออกไปเผชิญโลกถ้าผู้เรียนเห็นว่าคนเป็นแหล่งความรู้สำคัญและสามารถแลกเปลี่ยนความรู้กันได้เมื่อเขาออกไปก็จะปรับตัวได้ง่ายและทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ

4. หลักการที่ใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือการรู้จักแสวงหาคำตอบจากแหล่งความรู้ต่างๆด้วยตนเองเป็นผลให้เกิดพฤติกรรมที่ฝังแน่นเมื่อผู้เรียน "เรียนรู้ว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร (Learn how to Learn)"

วัฒนาพร ระงับทุกข์ (2541) กล่าวว่า องค์ประกอบการเรียนรู้ตามแนวคิดการสร้าง ความเรียนรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ประกอบด้วย

1. นักเรียนสร้างความหมายของสิ่งที่ได้พบเห็น รับรู้ โดยใช้กระบวนการทาง ปัญญาของตนเอง ที่เรียนรู้และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสของนักเรียนกับสิ่งแวดล้อม โดยจะใช้ความรู้ ความเข้าใจ ที่มีอยู่เดิมในการคาดคะเนเหตุการณ์
2. โครงสร้างทางปัญญา เกิดจากความพยายามทางความคิดหากการใช้ความรู้ เดิมคาดคะเน เหตุการณ์ได้ถูกต้อง จะทำให้โครงสร้างทางปัญญามั่นคงยิ่งขึ้นแต่ถ้าหากคาดคะเนไม่ถูกต้องจะเกิด ภาวะที่เรียกว่า ภาวะไม่สมดุล(Disequilibrium)และเมื่อมีความขัดแย้งเกิดขึ้น นักเรียนมี ทางเลือก 3 ทางคือ 2.1 ไม่ปรับความคิดในโครงสร้างทางปัญญาของตนเอง 2.2 ปรับความคิดในโครงสร้างทาง ปัญญาไปในทางที่การคาดเดานั้นให้ เป็นไปตามประสบการณ์มากขึ้น 2.3 ไม่สนใจที่จะทำความเข้าใจ
3. โครงสร้างทางปัญญาเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงได้ยาก แม้ว่าจะมีหลักฐานจากการ สังเกตที่ขัดแย้งกับ โครงสร้างนั้น

จากทฤษฎีการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Constructivism) ที่กล่าวมาข้างต้นสามารถสรุป ได้ว่า เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยกระบวนการสร้างความรู้ที่ เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการพบเจอหรือซึมซับจากประสบการณ์ใหม่ และปรับโครงสร้างของสติปัญญาให้ เข้ากับประสบการณ์ใหม่ๆ ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของนักเรียนได้ แต่ สามารถช่วยนักเรียน ปรับขยายโครงสร้างทางปัญญาได้ ด้วยการจัดสถานการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่ สมดุลหรือก่อให้เกิด ความขัดแย้งทางปัญญา โดยได้จากสิ่งแวดล้อมและการปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

## 2.3 ขั้นตอนของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบ มีการนำมาใช้อย่างหลากหลายเพื่อให้เหมาะสมกับการพัฒนาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน จากการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องสามารถสรุปรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้ดังนี้

Bybee J. (2006) นักพัฒนาหลักสูตร ได้จัดทำหลักสูตรชีววิทยาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Biological Science Curriculum Study) ได้นำเสนอขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน เพื่อใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง หรือเป็นเรื่องที่ เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่ง เรียนรู้มาแล้วเป็นตัวกระตุ้น ให้นักเรียนสร้างคำถาม กิจกรรม ประกอบด้วย การซักถามหรือใช้สื่อต่าง ๆ การทบทวนความรู้เดิมเพื่อสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นการสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ลงมือปฏิบัติเพื่อ รวบรวมข้อมูล

ขั้นที่ 3 ขั้นการอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจสอบมาวิเคราะห์ แปลผลสรุปผล และนำเสนอผลที่ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นการขยายความรู้ (Elaboration) นำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปอธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ

ขั้นที่ 5 ขั้นการประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไร มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

สสวท. (2546) ได้นำเสนอการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Cycle) ซึ่งมีความสอดคล้องกับวัฏจักรการเรียนรู้ (Learning Cycle) ที่นำเสนอโดยนักการศึกษา กลุ่ม BSCS (Biology Science Curriculum Study) ที่ประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้าง ความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจจะเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือจากความสนใจของตัวนักเรียนเอง ซึ่งอาจมีความเชื่อ



โยงกับสถานการณ์ปัจจุบันหรือเรื่องที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้นักเรียนสนใจที่จะศึกษา ครูอาจให้การศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้น แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูสนใจ เมื่อมีประเด็นคำถามที่น่าสนใจนักเรียนส่วนใหญ่จะยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษาและกำหนดขอบเขต แจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และหาแนวทางในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วมีการวางแผน กำหนดแนวทางทางการสำรวจตรวจสอบ สมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวมข้อมูลสารสนเทศหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เพียงพอที่จะใช้ในขั้นตอนถัดไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลจากขั้นที่ต้องการอย่างเพียงพอแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือรูปวาด สร้างตาราง การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และทำให้เกิดการเรียนรู้ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือนำแนวคิดที่ได้รับ ไปใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือสถานการณ์อื่น ๆ ถ้าสามารถนำไปใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อยช่วยให้การเชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้น 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไรและมากน้อยเพียงใดจากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ในเรื่องอื่น ๆ

ทศนีย์ บุญเต็ม และวรรณจรรย์ มั่งสิงห์ (2548) ได้เสนอรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นวิธีการที่นิยมใช้กันมานานในวิชาวิทยาศาสตร์เรียกว่า 4-E Learning Cycle เป็นวงจรการเรียนรู้แบบหนึ่งซึ่งมีขั้นตอนที่สำคัญของการเรียนรู้ดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Explore) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้มีโอกาสเข้าร่วมในประเด็นปัญหาที่สนใจ หรือท้าทายและสนับสนุนให้นักเรียนสำรวจปัญหานั้น ๆ การสำรวจเป็นสิ่งสำคัญเพราะเป็น

การจัดเวลาให้นักเรียนได้เข้าร่วมในการทำกิจกรรมได้ทำการสังเกต พิจารณาในสิ่งไม่รู้อย่างลึกซึ้ง เพื่อพัฒนาความเข้าใจเบื้องต้นและการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน

2. **ขั้นอธิบาย (Explain)** เป็นขั้นตอนที่นำนักเรียนไปสู่จุดสำคัญของบทเรียนซึ่งนักเรียนจะให้คำอธิบายในปรากฏการณ์ต่างๆ และในสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยคำพูดของนักเรียนเอง โดยมีครูคอยช่วยเหลือขั้นตอนนี้เป็นจุดสรุปของบทเรียนทั้งหมด บทบาทของครูคือช่วยให้นักเรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ในขั้นการสำรวจมาสร้างความหมายขึ้นใหม่และคอยแนะนำความคิดของนักเรียนมากกว่าบอกนักเรียนว่าควรจะทำอย่างไร

3. **ขั้นขยายความรู้ (Expand)** เป็นขั้นตอนขยายความรู้ ช่วยทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจใน เรื่องที่ได้เรียนรู้มากขึ้น เนื้อหาบทเรียนควรมีกิจกรรม โครงงานและแนวคิดจากงานวิจัยที่สัมพันธ์กับโมเดลหลักของบทเรียนซึ่งจะช่วยให้นักเรียน ขยายความเข้าใจและทำให้ทักษะของนักเรียนพัฒนาขึ้น ครูจะใช้คำถามสำคัญ เพื่อท้าทายและแนะแนวทางการขยายความรู้

4. **ขั้นประเมิน (Evaluate)** เป็นขั้นตอนที่ให้โอกาสแก่ นักเรียนในการแสดงสิ่งที่นักเรียนรู้ การประเมินอาจไม่เป็นทางการ เช่น การสังเกตการณ์ใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน การตอบคำถามระหว่างการทำกิจกรรม การเรียนรู้หรืออาจจะเป็นการประเมินแบบเป็นทางการเช่น การจัดเวลาพิเศษสำหรับให้ทำชิ้นงาน

จากการตรวจสอบเอกสารเกี่ยวข้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่บุคลากรทางการศึกษาได้กำหนดไว้พบว่ามีขั้นตอนที่มีความคล้ายคลึงกันคือเน้นให้นักเรียนสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry Based Learning) เป็นวิธีหนึ่งที่มุ่งเน้นให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเริ่มต้นจากการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบ โดยผ่านกระบวนการคิดและลงมือปฏิบัติ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบไปด้วยขั้นตอนต่าง ๆ 5 ขั้นตอน ได้แก่

**ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเสนอข้อมูลหรือสิ่งที่น่าสนใจ สิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันอาจเป็นสิ่งที่มาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงความรู้เดิมที่ได้เรียนรู้มาแล้วโดยการที่ครูเป็นผู้นำเสนอผ่านคำพูด รูปภาพ หรือสื่อเคลื่อนไหวต่าง ๆ ซึ่งเป็นสิ่งกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา กำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดเรื่องที่ต้องการศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น และใช้วิธีการที่

หลากหลายเพื่อเป็นเครื่องมือในการตรวจสอบอย่างหลากหลาย และมีครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำขณะนักเรียนกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว นักเรียนต้องมีการวางแผนกำหนดแนวทางในการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบสามารถทำได้หลายวิธีเช่น การทำการทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่เพียงพอซึ่งในขั้นตอนนี้ครูจะเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอแล้ว จึงนำข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือวาดรูป สร้างตาราง การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง ทั้งนี้ครูผู้สอนอาจจะช่วยให้นักเรียนลงข้อสรุปได้ง่ายขึ้นด้วยการตั้งคำถามเพื่อให้เห็นแนวทางที่เป็นไปได้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้ สิ่งที่สำคัญในขั้นตอนนี้คือครูไม่ควรปล่อยให้เด็กมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้จากการค้นคว้าเพิ่มเติม โดยที่ครูเป็นคนกำหนดสถานการณ์หรือคำถามต่าง ๆ เพื่อให้นักเรียนนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการอธิบายเหตุการณ์ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน ซึ่งจะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินความรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร มากน้อยเพียงใดจากนั้นนำไปประยุกต์ใช้กับเรื่องอื่น ๆ โดยครูผู้สอนอาจจะใช้แบบทดสอบ หรือ แบบฝึกหัด เพื่อใช้ในการประเมินความรู้ของนักเรียนที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้

#### 2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้ความสำคัญกับนักเรียนโดยมุ่งเน้นให้นักเรียนได้แสวงหาความรู้ และค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ซึ่งบุคลากรทางการศึกษาได้กล่าวถึงบทบาทครูและนักเรียนไว้ดังนี้

สสวท. (2546) ได้เสนอแนะสำหรับครูที่จะดำเนินการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยประกอบไปด้วย 3 ประการ คือ

1. ครูควรมีการเตรียมความพร้อมในด้านเนื้อหา อุปกรณ์ สร้างสถานการณ์หรือกำหนดปัญหาให้และป้อนคำถามแก่นักเรียนเพื่อนำไปสู่การค้นคว้า ครูต้องรู้จักป้อนคำถาม รู้ว่าจะถามอะไร นักเรียนจึงจะเกิดความคิด ความจำหรือความเข้าใจและควรตอบคำถามของนักเรียนด้วย
2. ครูควรให้ความสนใจต่อคำถามของนักเรียนทุกคน เมื่อนักเรียนถาม ครูไม่ควรบอกคำตอบทันทีแต่ควรถามคำถามที่จะช่วยให้นักเรียนตอบได้เอง
3. ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตลอดเวลาโดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองจะให้นักเรียนได้ใช้ความคิด และรู้จักแก้ปัญหาด้วยตนเอง ครูควรเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรม ให้คำแนะนำในการทำกิจกรรม ให้การแนะนำเกี่ยวกับแผนและการเก็บรวบรวมข้อมูล จนนำไปสู่ข้อสรุป

สสวท. (2546) ได้กล่าวถึงบทบาทของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ รายละเอียดดังนี้

1. นักเรียนต้องพยายามค้นพบสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยตนเอง สำรวจอุปกรณ์ สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง แล้วรายงานผลการสืบเสาะนั้น
2. นักเรียนต้องใช้หลักการต่างๆ ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ใช้เครื่องมือ การดำเนินการทดลอง การบันทึกข้อมูล การอภิปรายและลงข้อสรุป ซึ่งนำไปสู่ความคิดและหลักเกณฑ์ที่สำคัญของบทเรียนแสดงความรู้สึก ความคิดเห็นอย่างมีอิสระและเหตุผล
3. นักเรียนเป็นผู้เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ผล และสรุปผลการทดลอง การแก้ปัญหา ด้วยตนเอง ขยายแนวคิดหรือรูปแบบหลักการโดยผ่านขั้นการสำรวจ ตามข้อชี้แนะหรือแนวคิด ถ้ามีข้อสงสัยเกี่ยวกับแนวคิดที่ไม่ชัดเจนก็สำรวจใหม่อีกครั้ง

Bybee J. (2006) ได้กล่าวถึงบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทที่ครูควรทำ
	สอดคล้องกับ 5E
	ไม่สอดคล้องกับ 5E

<p>1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)</p>	<p>-สร้างความสนใจ -สร้างความอยากรู้อยากเห็น ให้กับนักเรียน -ใช้คำถามเป็นตัวกระตุ้น -ดึงเอาคำตอบที่ 'ยังไม่ ครอบคลุมกับสิ่งที่นักเรียนรู้ หรือความคิดเกี่ยวกับความคิด รวบยอด หรือเนื้อหาสาระ</p>	<p>-อธิบายความคิดรวบยอด -ให้คำจำกัดความและเฉลย คำตอบ -สอนแบบบรรยาย</p>
<p>2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)</p>	<p>-กระตุ้นนักเรียนให้ทำงาน ร่วมกันโดยปราศจากการสอน โดยตรงจากครูผู้สอน -สังเกตและรับฟังความคิดเห็น ของนักเรียนและมีปฏิสัมพันธ์ ที่ดี -ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบของนักเรียน -ให้เวลากับนักเรียนเพื่อค้นหา คำตอบ -เป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียน สร้างความต้องการและความ อยากรู้ให้กับนักเรียน</p>	<p>-เตรียมคำตอบไว้ให้ -อธิบายหรือยกวิธีแก้ปัญหา -จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ -บอกนักเรียนทันทีเมื่อทำไม ถูก -ให้ข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา -นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละ ขั้นตอน</p>

ตารางที่1 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

พหุบัณฑิต ชีวะ

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิด และสร้างคำนิยามด้วยตนเอง</li> <li>- ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดง หลักฐานให้เหตุผลและอธิบายให้ ชัดเจน</li> <li>- ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของ ตน เป็นพื้นฐานในการอธิบาย ความคิดรวบยอดหรือแนวคิด ประเมินความเข้าใจของนักเรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ยอมรับการอธิบายที่ไม่มีเหตุผล</li> <li>- เพิกเฉยต่อคำอธิบายของนักเรียนให้ความคิดรวบ ยอดหรือทักษะที่ไม่เกี่ยวข้องกัน</li> </ul>
4. ชั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คาดหวังให้นักเรียนอธิบายตาม คำ นิยาม รูปแบบ คำจำกัดความและ การอธิบายสิ่ง ที่นักเรียนรู้อยู่แล้ว</li> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียน ได้ เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ หรือขยายความคิด และ ทักษะในสถานการณ์ ใหม่ - ให้นักเรียนได้ สลับเปลี่ยนกัน ใน การอธิบาย</li> <li>- ให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้ง แสดงหลักฐานและถามคำถาม นักเรียน เช่น อะไรบ้างที่นักเรียน รู้อยู่แล้วทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้คำตอบที่ชัดเจน แน่แน่นอนบอกนักเรียนที่เมื่อนักเรียนหาไม่ถูก</li> <li>- ใช้เวลามากในการบรรยาย นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละขั้นตอน</li> <li>- อธิบายวิธีการแก้ปัญหา</li> </ul>

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประเมินความรู้และทักษะของ นักเรียน</li> <li>- อนุญาตให้นักเรียนประเมิน การ เรียนรู้ ของตัวเองและ ทักษะ กระบวนการกลุ่ม -ถาม คา ถามแบบปลายเปิด เช่น “ทำไมถึงคิดแบบนั้น” มีข้อมูล อะไรบ้าง” คุณรู้เกี่ยวกับ สิ่ง นั้น หรือไม่” แล้วจะอธิบายสิ่ง นั้น อย่างไร”</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบค่านิยามศัพท์และ ข้อเท็จจริง - ให้แนวคิดหรือ ความคิด รวบรวมใหม่ – ทำ ให้เกิดความคลุมเครือ</li> <li>- ส่งเสริมการอภิปรายแบบ ปลายเปิด</li> </ul>

ตารางที่ 2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ถามคำถามเช่น ทำไมสิ่งนี้จึง เกิดขึ้น ฉันได้รู้อะไรเกี่ยวกับสิ่ง นี้ ฉันสามารถหาคำตอบอะไร จากสิ่งนี้</li> <li>-แสดงความสนใจในเรื่องนั้น</li> <li>- ทดสอบการคาดคะเนและ สมมติฐาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-ถามเพื่อหาคำตอบที่ถูกต้อง</li> <li>-เสนอคำตอบที่ถูกต้อง</li> <li>-ค้นหาวิธีการเพื่อให้ได้มา ซึ่ง คำตอบเพียงวิธีเดียว</li> </ul>
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-คิดอย่างอิสระภายในข้อจำกัด ของ กิจกรรม</li> <li>- พยายามหาทางเลือกและ อธิบายสิ่ง เหล่านั้นกับคนอื่น ๆ</li> <li>- บันทึกสิ่งที่สังเกตและแนวคิด ทุกครั้ง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้คนอื่นคิดและลงมือ สำรวจ เพื่อหาคำตอบ</li> <li>- เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่ คิด ต่อ</li> </ul>

-ถามคำถามที่เกี่ยวข้อง ลง  
ข้อสรุป

ตารางที่ 2 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-อธิบายคำตอบที่เป็นไปหรืออธิบายคำตอบร่วมกับคนอื่นๆ</li> <li>- ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิด วิเคราะห์</li> <li>-อ้างข้อมูลที่ได้จากกิจกรรมที่ทำก่อนหน้า</li> <li>- ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกในการร่วมการอธิบาย</li> <li>- ประเมินความเข้าใจของตนเอง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-อธิบายโดยไม่มี การ เชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม</li> <li>- ยก ตัวอย่าง และ ประสบการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกัน</li> <li>- ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล</li> <li>- ไม่สนใจคำอธิบายของ คนอื่น ซึ่งมีเหตุผลที่พอจะเชื่อถือได้</li> </ul>
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- บอกสัญลักษณ์คำจำกัดความ คำ อธิบาย และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับ สถานการณ์เดิม</li> <li>- ใช้ ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม เสนอ วิธีการแก้ปัญหา การตัดสินใจและ ออกแบบ การทดลอง</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน</li> <li>- ไม่สนใจข้อมูลหรือ หลักฐานที่มี</li> <li>-อภิปรายผลโดยไม่มี หลักฐาน ไม่สมเหตุสมผล</li> <li>- อธิบายเหมือนกับที่ ครู จัดเตรียมไว้หรือกำหนด ไว้</li> </ul>



ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	บทบาทที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล จาก หลักฐานที่ปรากฏ</li> <li>- บันทึกการสังเกตและอธิบาย</li> <li>- ตอบคำถาม ปลายเปิดโดยใช้ การสังเกต หลักฐาน และ คำอธิบายที่ ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- สาธิตหรือแสดงความเข้าใจ หรือความรู้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลงข้อสรุป โดยปราศจาก ข้อมูล หรือ หลักฐานมา สนับสนุนการอธิบาย</li> <li>- ตอบคำถามเพียงแค้ใช่ หรือ ไม่ใช่โดยที่ไม่อธิบาย หรือขยาย ความของ คำตอบ</li> </ul>
5. ชั้นประเมิน (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ประเมินความก้าวหน้าของ ตัวเอง</li> <li>- ถามคำถามที่เกี่ยวข้องที่จะ สามารถ กระตุ้นเพื่อการสำรวจ ค้นหาในอนาคต</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดง ความเข้าใจด้วยคำพูด ของ ตนเอง</li> </ul>

จากการศึกษาบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จากบุคลากรทางการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ครูมีบทบาทเป็นผู้กระตุ้น โดยใช้คำถาม เชื่อมโยงความรู้ให้นักเรียน เพื่อให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น และสามารถสรุป เป็นความคิดของตนเอง ได้โดยปราศจากการสอนเนื้อหาโดยตรง ส่วนนักเรียนจะมีบทบาทใน การเรียน โดยมีความสนใจในสิ่ง ที่ครูสอน เกิดคำถาม ตลอดจนแสดงความคิดเห็น และ ความคิดรวบยอดของตนเอง

### 2.5 ข้อดีและจำกัดของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ลพ เลหาไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหา ความรู้ไว้ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็ม ที่ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความ อยากรเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา

2. นักเรียนได้มีโอกาสได้ฝึกความคิดฝึกการกระทำทำให้เรียนรู้การจัดการระบบความคิดและวิธี แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทน และถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ทำ ให้ สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่อีกด้วย

3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน

4. นักเรียนสามารถเรียนรู้โมโนมิติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น

5. นักเรียนจะเป็นผู้มีความกระตือรือร้นต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วัชรรา เล่าเรียนดี (2554) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ดังนี้

1. นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง  
2. คำตอบได้มาจากการสืบเสาะและสรุปด้วยตัวนักเรียนเอง จึงจำได้นานเพราะจำด้วยความเข้าใจ

3. เป็นการกระตุ้นความคิดแบบสร้างสรรค์และคิดอย่างหลากหลายแนวทาง

4. เป็นการเน้นทักษะการคิดระดับสูง (คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินผล)

5. มีการบูรณาการทักษะการคิดทั้งความรู้หรือข้อมูลที่นักเรียนจะต้องจัดการกับข้อมูล และวิเคราะห์ข้อ มูลด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น ใช้แผนที่กราฟ และแผนภูมิประเภทต่าง ๆ เป็นต้น

ข้อจำกัดของวิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังนี้

1. ใช้เวลามากในการสอนแต่ละครั้ง

2. ถ้าสถานการณ์ที่ครูสร้างขึ้นไม่ทำให้นักเรียนสนใจจะให้นักเรียนเบื่อหน่าย และถ้าครูไม่เข้าใจบทบาทหน้าที่ในการสอนวิธีนี้มุ่งควบคุมพฤติกรรมนักเรียนมากเกินไปจะทำให้ นักเรียนไม่มีโอกาสได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง

3. นักเรียนที่ยังไม่เป็นผู้ใหญ่พอทำให้ขาดแรงจูงใจที่ศึกษาปัญหาและนักเรียนที่ต้องการแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียนมาก ๆ อาจจะพอตอบคำถามได้ แต่นักเรียนจะไม่ประสบความสำเร็จในการเรียนด้วยวิธีนี้เท่าที่ควร

4. นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่ำ และเนื้อหาวิชาค่อนข้างยาก นักเรียนอาจจะ ไม่สามารถศึกษาความรู้ด้วยตนเองได้

5. ถ้าใช้การสอนแบบนี้อยู่เสมออาจทำให้ความสนใจของนักเรียนในการค้นคว้าลดลง

จากการศึกษาสรุปได้ว่าวิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้มีทั้งข้อดีและข้อจำกัดในการวิจัยผู้วิจัยจึงศึกษาวิธีการสอนด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้บทบาทของครู และบทบาทของนักเรียนให้ชัดเจน เพื่อลดข้อจำกัด ต่าง ๆ รวมทั้งการเรียนการสอนที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางเพื่อให้นักเรียนได้สืบเสาะหาความรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

### 3. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

3.1 ความหมายของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

The Virtual Campus (1998) กล่าวว่า ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual Lab, Cyber Lab, Online Lab) คือห้องปฏิบัติการทดลองที่มีสภาพแวดล้อมที่จำเป็น และมี คุณภาพ

เช่นเดียวกับห้องเรียนหรือห้องปฏิบัติการทดลองจริงทุกประการ แต่ไม่มีอาคาร สถานที่ และไม่มี การพบหน้ากัน (Face to Face Contact)

Chemcollective (2019) ได้ให้ความหมายว่า ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (Virtual Lab) คือการจำลองแบบออนไลน์ของห้องปฏิบัติการเคมี ได้รับการออกแบบมาเพื่อช่วยให้นักเรียน เชื่อมโยงการคำนวณทางเคมีกับเคมีในห้องปฏิบัติการที่แท้จริง ห้องปฏิบัติการช่วยให้นักเรียนสามารถ เลือกลงมาตรฐานได้หลายร้อยชนิด และจัดการในลักษณะที่คล้ายกับห้องปฏิบัติการจริง

Labster (2021) ได้ให้ความหมายว่า ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง (virtual Lab) เป็น สภาพแวดล้อมการเรียนรู้จำลองที่ช่วยให้นักเรียนทำการทดลองในห้องปฏิบัติการทางออนไลน์และ สำรวจแนวคิดและทฤษฎีโดยไม่ต้องก้าวเข้าไปในห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กายภาพ

พรนภา อาจสว่าง (2015) ได้ให้ความหมายว่า ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง หมายถึง ห้องปฏิบัติการทดลองที่มี สภาพแวดล้อม และมีคุณภาพเช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการทดลองจริงทุก ประการ ในลักษณะที่เสมือน ในทางกายภาพที่พบได้ในคอมพิวเตอร์

ดังนั้นสรุปได้ว่า ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ซึ่งชื่อในภาษาอังกฤษเรียกว่า Virtual lab หมายถึงห้องปฏิบัติการที่มีสภาพแวดล้อม วัตถุติบ อุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นต้องใช้ในการทดลอง เช่นเดียวกับห้องปฏิบัติการทดลองจริง โดยห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงมีการทดลองผ่าน คอมพิวเตอร์ซึ่งสามารถแสดงแบบจำลองภาพเคลื่อนไหว (simulation) และข้อมูลต่างๆ เช่น กราฟ ความสัมพันธ์ โมเลกุลหรืออนุภาคของสาร เวลา ขณะทำการทดลอง อีกทั้งยังสามารถควบคุมสภาพ ะต่างๆ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ในขณะที่ทำการทดลองให้เหมาะสมตามต้องการได้

### 3.2 จุดมุ่งหมายของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

Wikipedia (2016) กล่าวว่า กรณีที่ การเรียนการสอนมีความจำเป็นต้องฝึกทักษะ กระบวนการต่าง ๆ การเรียนการสอนในห้องเรียนเสมือนจริงก็สามารถทำได้ โดยสามารถสร้างเป็น ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงขึ้น ในห้องเรียนเสมือนจริงก็เป็นสิ่งที่ทำได้ โดยมีจุดมุ่งหมายของ ห้องปฏิบัติการดังนี้

1. จุดมุ่งหมายทั่วไปของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง มีจุดมุ่งหมายทั่วไปในการกระจายความรู้โดยใช้ เทคโนโลยีมัลติมีเดีย และเครือข่ายสารสนเทศ ระหว่างนักเรียน นักศึกษาในห้องปฏิบัติการกับ ผู้สอน เพื่อเตรียมคนสำหรับโลกอิเล็กทรอนิกส์ใน วันข้างหน้าและฝึก “การเชื่อมต่อทางปัญญา” ในโครงสร้างของสภาพแวดล้อมเสมือนจริง

2. จุดมุ่งหมายเฉพาะของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงได้แก่

- 1) เพื่อสร้างห้องปฏิบัติการ “ข้ามชาติ”

2) เพื่อออกแบบห้องเรียนสำหรับวันข้างหน้า ที่ผสมผสานระหว่างการปฏิบัติและทฤษฎีโดยมีจุดหมายย่อย 3 ข้อดังนี้

2.2.1 การสนับสนุนการเรียนตลอดชีวิต เนื่องจากเทคโนโลยีในปัจจุบันมีความก้าวหน้ารวดเร็วมาก ประชาชนจะต้องปรับความรู้ให้ทันสมัยอยู่เสมอ เพื่อไม่ให้ตกอยู่ในความล้าหลัง

2.2.2 การเพิ่มพูนความร่วมมือระหว่างนักศึกษาและคณาจารย์การจัดกิจกรรมเชิงปฏิบัติการที่คณาจารย์จัดให้ การค้นคว้าจากฐานข้อมูลโดยใช้การจำลองสถานการณ์ชีวิตจริง จะช่วยให้นักศึกษาเข้าใจในวิชาชีพที่จะปฏิบัติในอนาคต นอกจากนั้นยังขยายการเชื่อมต่อทางปัญญาโดยการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และความเชี่ยวชาญระหว่างโลกของวิชาการกับโลก ของความเป็นจริงในตลาดแรงงาน

2.2.3 การสอนมัลติมีเดียโดยใช้มัลติมีเดีย หมายถึง การสอนสิ่งที่หลากหลาย โดยการ ใช้สื่อที่หลากหลายเช่นเดียวกัน

วิจารณ์ พานิชย์ (2556) กล่าวว่า การใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงมีจุดมุ่งหมายเพื่อ

1. สร้าง “สถานี่เรียนรู้” ออนไลน์ สำหรับเก็บข้อมูลการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นรายคน เพื่อนำมาเป็นข้อมูลประกอบการแนะนำให้นักเรียนเข้าไปทำการทดลองวิทยาศาสตร์ ออนไลน์ ตามความเหมาะสมต่อพื้นฐานความรู้ของนักเรียนคนนั้น เป็นการใช้เครื่องมือ ออนไลน์ ให้คำแนะนำนักเรียนเป็นรายบุคคล (Personalized Guidance) เพื่อให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อการเรียนรู้สูงสุด

2. หาจุดสมดุล หรือความพอดี ระหว่างการเรียนโดยห้องปฏิบัติการจริงกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ในวิชา และเนื้อความรู้ที่แตกต่างกัน มีหลักฐานว่า การใช้ห้องปฏิบัติการทั้งสองแบบให้เสริมกันจะช่วยให้ผลการเรียนรู้สูงสุด แต่การใช้แบบไหนมาน้อย ใช้ผสมกันอย่างไร ในแต่ละวิชา และแต่ละสถานการณ์ของการเรียนรู้ ยังต้องการการทดลองค้นคว้าอีกมาก

3. หาความต้องการทักษะและยุทธศาสตร์ที่ครูต้องการ ในการประยุกต์ใช้การเรียนโดยห้องปฏิบัติการทั้งสองแบบ ทั้งนี้ เพื่อหาวิธีการพัฒนาครู ให้ครูมีทักษะในการออกแบบการเรียนรู้ตามข้อมูลที่ได้จากการทำงาน ออนไลน์ ของนักเรียนแต่ละคน

สรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายเฉพาะของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง คือ การกระจายความรู้ โดยใช้เทคโนโลยีมัลติมีเดียสร้างภาพเสมือน และเครือข่ายสารสนเทศระหว่างนักเรียนในห้องปฏิบัติการกับผู้สอน

3.3 ข้อดีและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

Herga and Dinevski (2012) ได้มีการเปรียบเทียบ ระหว่างข้อดีและข้อจำกัดของการทดลองเสมือนจริง ซึ่งแสดงในตาราง 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงข้อดีและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> <li>- ได้เรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการทำงานทางวิทยาศาสตร์</li> <li>- ผลการทดลองที่ได้จะเหมือนเดิมเสมอ</li> <li>- มีสารเคมีและอุปกรณ์การทดลองแทบทุกชนิดที่มีในห้องทดลอง</li> <li>- ง่ายต่อการทำการทดลองที่มีอันตราย หรือ การทำการทดลองที่มีเงื่อนไขเฉพาะเจาะจง</li> <li>- มีค่าใช้จ่ายต่ำ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ห่างไกลจากธรรมชาติและจากความเป็นจริง</li> <li>- ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงไม่สามารถแทนการปฏิบัติการทดลองจริงได้</li> </ul>

ธวัชชัย อติเทพสถิต (2546) ได้กล่าวถึงข้อดีของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงไว้ดังนี้

1. เป็นการเรียนตามอัตราการเรียนรู้ของแต่ละคน
2. สามารถเรียนรู้ในสถานที่ใด เวลาใดก็ได้
3. ใช้กระบวนการทางสังคม ผวนวกกับการ แลกเปลี่ยนทางสังคมแบบจริงจังและยืดหยุ่นตามภารกิจของแต่ละคนได้
4. กิจกรรมถูกบันทึกโดยอัตโนมัติลงในใบ แสดงผลการเรียนและตรวจสอบย้อนหลังได้
5. ทรัพยากรคอมพิวเตอร์ ถูกหลอมรวมเป็นส่วน หนึ่งของสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อสร้างสิ่งแวดล้อมเสมือนจริงในการเรียน

กิดานัน มะลิทอง (2548) ได้เปรียบเทียบข้อดีและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ซึ่งแสดงในตาราง 4

ตารางที่ 4 แสดงข้อดีและข้อจำกัดของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

ข้อดี	ข้อจำกัด
<ul style="list-style-type: none"> <li>- สร้างโลกเสมือนจริงที่บางครั้งเสียยงต่ออันตรายให้สามารถเรียนรู้ได้โดยปลอดภัย</li> <li>- ขยายโอกาสให้นักเรียนสำรวจสถานที่ที่ไม่สามารถท่องเที่ยวได้ในความเป็นจริงรวมถึงสถานที่ที่เกิดขึ้นแล้วในอดีต</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อุปกรณ์มีราคาสูงเกินกว่าสถาบันการศึกษาทั่วไปจะซื้อไว้ใช้ได้</li> <li>- เทคโนโลยีซับซ้อนเกินกว่าจะใช้ห้องเรียนธรรมดา</li> </ul>

สรุปได้ว่า การทดลองเสมือนจริงมีทั้งข้อดีและข้อจำกัดที่ แตกต่างกันไป ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทดลองเสมือนจริงจะมีข้อดีสำหรับโรงเรียนที่มีสภาพแวดล้อม สถานที่ไม่เอื้ออำนวยต่อการทดลองแบบปกติ หรือสถานการณ์ที่ไม่ปกติ บางโรงเรียนขาดแคลนห้องปฏิบัติการสารเคมีและอุปกรณ์ไม่

เพียงพอ ค่าใช้จ่ายสำหรับสารเคมีและอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการทดลองค่อนข้างสูง และยัง ง่ายต่อการทดลองที่มีอันตราย ทำให้นักเรียนสามารถทำการทดลองได้อย่างอิสระและทราบผลการทดลองในทันทีและง่ายต่อการทำความเข้าใจ

### 3.4 ลักษณะการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนจริง

อุทัย ภิรมย์รัตน์ (2540) ได้จำแนกลักษณะของการเรียนในห้องเรียนแบบเสมือนจริงไว้ใน 2 ลักษณะดังนี้ 1) การจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนธรรมดา แต่มีการถ่ายทอดสดภาพและเสียงเกี่ยวกับ บทเรียนโดยอาศัยระบบโทรคมนาคมและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ไปยังผู้เรียนที่อยู่นอกห้องเรียน นักศึกษาสามารถรับฟังและติดตามการสอนของผู้สอนได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ของตัวเอง อีกทั้งยังสามารถโต้ตอบกับอาจารย์ผู้สอนหรือเพื่อนนักศึกษาในชั้นเรียนได้ ห้องเรียนแบบนี้ยัง อาศัยสิ่งแวดล้อมทางกายภาพที่เป็นจริงซึ่งเรียกว่า Physical Education Environment 2) การจัดห้องเรียนจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์สร้างภาพเสมือนจริงที่เรียกว่า Virtual Reality โดยใช้สื่อที่เป็นตัวหนังสือ ( Text-based ) หรือภาพกราฟิก ( Graphical-based ) ส่ง บทเรียนไปยังผู้เรียนโดยผ่านระบบโทรคมนาคมและเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ห้องเรียนลักษณะนี้ เรียกว่า Virtual Education Environment ซึ่งเป็น Virtual Classroom ที่แท้จริง

เทคโนโลยีการศึกษา (2552) ห้องเรียนเสมือนเป็นการจัดการเรียนการสอนผ่านระบบเครือข่าย ที่อาศัยประสิทธิภาพของเทคโนโลยีการสื่อสารและอินเทอร์เน็ต การเรียนการสอนจึงต้องมีการเชื่อมโยงคอมพิวเตอร์ของผู้เรียนเข้ากับเครือข่ายคอมพิวเตอร์การเรียนการสอนทำได้โดยผู้เรียนใช้คอมพิวเตอร์ เข้าสู่เว็บไซต์ ของห้องเรียนเสมือนและดำเนินการเรียนตามกิจกรรมที่ผู้สอนได้ออกแบบไว้ ห้องเรียนลักษณะนี้เรียกว่า ห้องเรียนเสมือนที่แท้ การเข้าสู่เว็บไซต์ห้องเรียนเสมือนนี้ ภาพที่ปรากฏเป็นหน้าแรก เรียกว่า โฮมเพจ ซึ่งโดยทั่วไปจะเป็นชื่อรายวิชาที่สอน ชื่อผู้สอน และข้อความสั้นๆต่างๆที่เป็นหัวข้อสำคัญในการเรียนการสอนเท่านั้น โฮมเพจนี้จะถูกออกแบบต่างๆให้มีความสวยงามด้วยภาพถ่าย ภาพกราฟิก ตัวอักษรและการให้สีสันเพื่อดึงดูดความสนใจของผู้เรียน ข้อความสั้น ๆ ที่จัดเรียงอยู่ในหน้าโฮมเพจได้ถูกเชื่อมโยงไปสู่หน้าเว็บเพจ ซึ่งเป็นหัวข้อย่อยและเชื่อมโยงไปสู่เว็บเพจรายละเอียด ซึ่งเป็นข้อมูลการเรียนการสอนในแต่ละส่วนตามลำดับความสำคัญ โดยผู้เรียนเพียงคลิกเมาท์เลือกเรียนในหัวข้อซึ่งเป็นเนื้อหาหรือกิจกรรมการเรียนการสอนที่ตนเองสนใจได้ตามต้องการ

ภวิสาณัชช ศรศิริวงศ์ (2562) การจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนจริง เป็นการจัดการศึกษาในลักษณะการสอนทางไกลผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เพื่อให้เข้าใจระบบการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนจริงมากยิ่งขึ้น จึงขอกกล่าว ดังนี้ การศึกษาทางไกล (Distance Learning) การศึกษาทางไกลเป็นการเปิดโอกาสทางการศึกษาให้แก่ผู้ไม่รู้และไม่เรียนที่ไม่สามารถสละเวลาไปรับการศึกษาจากระบบการศึกษาปกติได้เนื่องจากภาระทางหน้าที่การงานหรือครอบครัว

และเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้ที่ต้องการเพิ่มพูนหรือปรับปรุงความรู้ที่มีอยู่ให้ทันสมัยเพื่อประโยชน์ในการทำงาน

จากงานวิจัยที่ได้ศึกษาพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบห้องเรียนเสมือนจริงนั้นเป็นการจัดการเรียนการสอนผ่านระบบเครือข่ายซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์สื่อสารอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้จากทางไกล อีกทั้งยังสามารถรับฟังและติดตามการสอนของผู้สอนได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์ของตัวเอง อีกทั้งยังสามารถโต้ตอบกับอาจารย์ผู้สอนหรือเพื่อนนักศึกษาในชั้นเรียนได้

### 3.5 ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงที่ใช้ในงานวิจัย

Yenka (บริษัท เอเชียเอ็น ไอ.ที.จำกัด ม.ป.: 1-63) เป็น Software ที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างสื่อการสอนที่มีลักษณะหรือรูปแบบประเภทการทดลองทางเคมี ซึ่งมีอุปกรณ์ต่างๆที่จำเป็นในการสร้างการทดลองแทบจะทุกชนิดที่ควรมีในห้องทดลอง โดยการผสม สารเคมีต่างๆ ไม่ต้องกังวลว่าจะเกิดอันตรายใดๆ ทำให้นักเรียนสามารถทำการทดลองได้อย่างอิสระ และกว้างไกล ไม่เป็นอันตรายมองเห็นผลชัดเจน เกิดความคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ต่อไป ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างหลากหลาย โดยสื่อที่สร้างขึ้นจะมีคุณภาพหรือ ประสิทธิภาพหรือไม่ขึ้นอยู่กับความสามารถในการออกแบบสื่อการเรียนการสอนให้มีความน่าสนใจ ซึ่งจะทำให้สามารถบรรลุเป้าหมายตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ โดยสื่อเหล่านั้นสามารถช่วยลดข้อจำกัด ด้านต่างๆ โดยโปรแกรม Yenka Science (Chemistry) มีลักษณะที่เด่นคือ สามารถ จำลองการทดลองเสมือนจริง และมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นในการสร้างการทดลอง อีกทั้งยังสามารถ แสดงผลการทดลองได้ทันที ผู้เรียนจึงสามารถทำการทดลองได้ด้วยตนเองผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ ผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะจากการทดลองที่จำลองขึ้น อีกทั้งยังช่วยพัฒนาด้านการเรียนรู้ และเสริมสร้าง ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ให้กับผู้เรียน

PhET (University of Colorado Boulder, 2002) เป็นโครงการที่ สร้างและพัฒนาสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยเปิดใช้ งานบนเว็บไซต์ [www.phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics](http://www.phet.colorado.edu/en/simulations/category/physics) ผ่านเว็บ เบราวเซอร์ และสามารถดาวน์โหลดติดตั้งไว้บนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล หรือ คอมพิวเตอร์แล็ปท็อป สำหรับใช้ในกรณีที่ไม่มีการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET สามารถใช้ งานบนโปรแกรมแฟลช (Flash) และใช้ภาษาจาวา (java) หรือภาษาเอชทีเอ็มแอล (html) การ แสดงผลของสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริง และยังสามารถใช้งานได้บนระบบปฏิบัติการแอนดรอย (android) หรือ ไอโอเอส (IOS) ผ่านโทรศัพท์เคลื่อนที่ หรือ สมาร์ทโฟน (Smart Phone) ไอแพด (I Pad) และแท็บเล็ต (tablet) ได้ โดยสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงไม่เสียค่าใช้จ่ายในการใช้งาน สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงที่สร้างขึ้นมีทั้งหมด 50 สื่อจำลอง ครอบคลุม เนื้อหาในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษา

ตอนปลาย ระดับมหาวิทยาลัยและบางสื่อจำลอง ครอบคลุมเนื้อหาขั้นสูงขึ้นไปด้วยจุดประสงค์หลักของการสร้างสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET มี 2 ประเด็นคือ การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาและเพิ่มความสนใจ และ ปรับปรุงการเรียนการสอนให้ดีขึ้น สื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET สามารถออกแบบเพื่อใช้ในการเรียนการสอนได้หลากหลายรูปแบบเช่น การใช้เป็นสื่อสำหรับการทดลอง ซึ่งสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงสามารถทำให้ผู้เรียนออกแบบหรือสร้างรูปแบบการทดลองได้ด้วยตัวเอง สามารถลองผิดลองถูกทดลองได้หลายๆ ครั้ง ไม่สิ้นเปลืองวัสดุอุปกรณ์ และไม่ก่อให้เกิดอันตรายจากการทดลองเหมือนการทดลองจริง อีกทั้งยังสามารถควบคุมตัวแปรต่างๆ ในการทดลองได้อย่างสะดวก ง่าย และสื่อจำลองโต้ตอบเสมือนจริงของ PhET ยังมีความคล้ายคลึงกับ สื่อของจริงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการและทำให้ประหยัดงบประมาณ ประหยัดเวลาในการจัดเตรียม อุปกรณ์ในการทดลอง

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงทั้งหมด 2 โปรแกรมได้แก่ โปรแกรม Yenka และ โปรแกรม PhET ซึ่งมีอุปกรณ์ต่างๆ ที่จำเป็นในการสร้างการทดลองแทบจะทุกชนิดที่ควรมีในห้องทดลอง โดยการผสม สารเคมีต่างๆ ไม่ต้องกังวลว่าจะเกิดอันตรายใดๆ ทำให้นักเรียนสามารถทำการทดลองได้อย่างอิสระ และกว้างไกล ไม่เป็นอันตราย มองเห็นผลชัดเจน

#### 5. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถของนักเรียนในการระบุคำตอบจากการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมทั้งแสดง หลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีความน่าเชื่อถือ และตรวจสอบความสอดคล้องและความสมเหตุสมผล ระหว่างหลักฐานที่สนับสนุนกับคำตอบ

##### 5.1 ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

Reiser, Berland and Kenyon (2012) ให้ความหมายว่า เป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์

Thagard (2012) ได้กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการหาคำตอบของปัญหาต่างๆ อย่างเป็นวิทยาศาสตร์

Zangori and Forbes (2014) กล่าวว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการระบุเอกลักษณ์ของกลไกหรือวิธีการทำงานที่อยู่ภายใต้สาเหตุที่สังเกตได้หรือผลกระทบที่เกิดขึ้น หรือเป็นกระบวนการ ที่เป็นสาเหตุนำมาซึ่งผลที่เกิดขึ้น เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ โดยสร้างจากคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จะต้องมีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

1. ตอบคำถามที่ต้องการสำรวจ
2. ลักษณะคำอธิบายขึ้นอยู่กับข้อมูลและหลักฐานที่

สนับสนุนคำตอบที่สำรวจตรวจสอบ



### 3. ให้ความเข้าใจในเรื่องใหม่

### 4. เสริมสร้างแนวคิดเดิมที่มีอยู่

อริยา แจ่มจันทร์ (2557) ให้ความหมายของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ว่าเป็นการสร้างข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ โดยอยู่บนพื้นฐานของการให้เหตุผล และเชื่อมโยงกับหลักฐานที่ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบ ค้นคว้า

วณิชชา หมั่นเรียน (2562) การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การรายงานผล หรือ การสื่อความหมายโดยมีการเชื่อมโยงกับวิทยาศาสตร์และสิ่งที่เห็นประจักษ์ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบหลักคือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐานและเหตุผล ซึ่งข้อมูลอยู่บนพื้นฐานของเหตุและผลของวิทยาศาสตร์

จากนักการศึกษากล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นการเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์และการสังเกตปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งยังเป็นการหาคำตอบของปัญหาต่างๆ อย่างและถือเป็นข้อมูลที่ใช้เพื่อการสื่อสาร โดยอาศัยการอ้างอิงหลักฐานที่ได้มาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อมูล

#### 5.2 องค์ประกอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้พัฒนาและกำหนดกรอบแนวคิดองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มีรายละเอียดดังนี้

McNeill (2006) ได้แบ่งองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปเกี่ยวกับปัญหาที่ได้รับ
2. หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวม คัดเลือกเพื่อใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง
3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการสนับสนุนถึงการเลือกหลักฐานเพื่อมาใช้ในการอธิบาย โดยการให้เหตุผลที่เป็นตรรกะสำหรับบอกว่าเพราะเหตุใดหลักฐานจึงสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และใช้ หลักการทางวิทยาศาสตร์เข้ามาช่วยในการอธิบาย

Primo (2008) นำเสนอองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อสรุปหรือคำตอบของคำถามทางวิทยาศาสตร์ ข้อกล่าวอ้างทางวิทยาศาสตร์ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเกตการณ์ศึกษาว่า เกิดขึ้น อะไร เกิดขึ้นได้อย่างไร หรือเหตุใดจึงเกิดขึ้น
2. หลักฐาน (Evidence) เป็นการสำรวจตรวจสอบข้อมูลที่จะช่วยสร้าง สนับสนุน และการอ้างอิงถึงข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่ตัดสินข้อกล่าวอ้าง โดยแสดงความเชื่อมโยง มโนทัศน์หรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับข้อมูลที่เป็นหลักฐานในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง

Klien (2014) ได้เสนอโมเดลการอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ ดังแสดงในรูป รายละเอียดแต่ละ องค์ประกอบ มีดังนี้

1. คำกล่าวอ้าง (Claim) มีลักษณะเป็นข้อความหรือสรุปความ เพื่อตอบคำถามหรือ ปัญหาที่ สนใจหรือกำหนดขึ้น

2. หลักฐาน (Evidence) คือข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือ ข้อสรุป ข้อมูลนี้อาจได้มาจากสังเกต ทดลอง หรือการสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ หนังสือ อินเทอร์เน็ต หลักฐานที่นำมาสนับสนุนนั้นจะต้องเหมาะสม (สัมพันธ์กับคำถามหรือ ปัญหาที่เผชิญ อยู่) และเพียงพอ (ควรมีการใช้หลักฐานมากกว่าหนึ่งแหล่ง) สำหรับสนับสนุนคำ กล่าวอ้างหรือ ข้อสรุปนั้นได้ ประเภทของหลักฐานอาจจำแนกออกเป็นหลักฐานคำบอกเล่า (Anecdotal Evidence) เป็นหลักฐานที่มาจาก การสังเกตหรือประสบการณ์ระดับบุคคล อาจมาจาก นักเรียน เพื่อน และ ครอบครัว มักเป็นสถานการณ์ที่คนส่วนใหญ่คุ้นเคย หลักฐานข้อเท็จจริง (Factual Evidence) เป็น หลักฐานที่มาจากข้อมูล ข้อเท็จจริง ที่มีการยืนยัน หรืองานวิจัยที่ได้มาจาก กระบวนการทดลองและ สำรองทางวิทยาศาสตร์และหลักฐานข้อความ (Textual Evidence) เป็น รายละเอียดที่มาจาก หนังสือหรือบทความที่นักเรียนสามารถใช้อ้างอิงเพื่อสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือ ข้อสรุป

3. เหตุผล (Reasoning) คือการแสดงให้เห็นถึงเหตุผลในการเลือกใช้หรือตัดสินว่า หลักฐาน ใดที่ใช้สนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป มักสอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจาก หลักการทางวิทยาศาสตร์มักจะเป็นตัวชี้ว่าข้อมูลใดควรหรือไม่ควรใช้สนับสนุนคำกล่าว อ้างหรือ ข้อสรุปนั้น

จنگล บุญรอด (2557) กล่าวไว้ว่าองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบหรือข้อสรุปเบื้องต้นของคำถามที่เกี่ยวข้องกับ ปรากฏการณ์ที่ศึกษา มักเป็นการตอบคำถามที่ว่า เกิดอะไรขึ้น เกิดขึ้นได้อย่างไร เพราะเหตุใดจึง เกิดขึ้น ปัจจัยใดบ้างที่ทำให้เป็นเช่นนั้น เป็นต้น

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ได้จากการสำรวจตรวจสอบ การ ทดลอง การสังเกต หรือการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ เพื่อนำมาใช้ในการสนับสนุน หรือ โต้แย้งข้อกล่าวอ้าง

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าว อ้างด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ มักเป็นการอธิบายแนวคิดที่ต้องการตอบคำถามว่า “เพราะเหตุใด จึงใช้หลักฐานนั้นในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง”

ทัตติริน วรณเกตุศิริ (2561) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการ  
ใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินการให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีการระบุหลักฐานอ้างอิงและให้  
เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีการระบุหลักฐานอ้างอิงและให้เหตุผลวิทยาศาสตร์ ควรมีการกำหนด  
เกณฑ์การประเมิน (Explanation Rubric) เพื่อตรวจสอบตามองค์ประกอบของคำอธิบายนั้น ทั้งนี้  
ผู้สอนอาจจะกำหนดเกณฑ์การประเมินการอธิบายแต่ละองค์ประกอบของการอธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การให้นักเรียนรับรู้ถึงองค์ประกอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การ  
ประเมินที่ชัดเจนจะช่วยให้นักเรียนประเมินตนเองได้ในเบื้องต้นก่อนส่งให้ผู้สอนตรวจเพื่อให้  
คำแนะนำ

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า นักการศึกษาได้กำหนดองค์ประกอบของการสร้าง  
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คล้ายคลึงกันซึ่ง สามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของคำอธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ประกอบไปด้วย องค์ประกอบหลัก 3 ส่วนคือข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล  
โดยมีรายละเอียดดังนี้ส่วนที่ 1) ข้อกล่าวอ้าง(Claim) เป็นการยืนยันหรือลงข้อสรุปของคำถาม ส่วนที่  
2) หลักฐาน (Evidence) คือ ข้อมูลทาง วิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างซึ่งข้อมูลนี้จะได้มาจาก  
การสำรวจตรวจสอบจากหลายแห่ง เช่น การสังเกตสิ่งรอบตัว การทดลอง การอ่านเอกสารสำคัญ  
การได้รับข้อมูลเพิ่มเติม เป็นต้น ซึ่งหลักฐานจะต้องเพียงพอต่อการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและส่วนที่  
3) การให้เหตุผล (Reasoning) คือการแสดงผลเชื่อมโยงระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน  
สนับสนุนโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสมและถูกต้อง

### 5.3 การสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

สันติชัย อนุวรชัย (2557) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ ควรการจัดการสอนโดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์การฝึก  
กระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่จะต้องเขียนอธิบายผลของการศึกษาเพื่อสื่อสารให้สังคม  
รับรู้ได้อย่างถูกต้องและตรวจสอบได้ โดยนักเรียนควรรู้จักใช้หลักฐานทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบาย  
สรุปหรือ สื่อสารในสถานการณ์จำลองของชีวิตจริง

จรรยาลักษณ์ วรโคตร (2561) กล่าวว่า การสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนสร้าง คำอธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ ควรเป็นการส่งเสริมให้นักเรียนในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะนำมาอธิบาย  
ปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาได้อย่างลึกซึ้งมากขึ้น

ฉลองวุฒิ จันท์หอม และ สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ (2563) กล่าวว่า คำอธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วย 3 องค์ประกอบ 1) ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นคำตอบ หรือข้อสรุป  
เบื้องต้นของคำถามที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่นักเรียนต้องการค้นคว้าหาคำตอบ 2) หลักฐาน (Evidence) เป็น  
ข้อมูล เชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งได้มาจากการสำรวจตรวจสอบ การทดลอง หรือ  
การศึกษาค้นคว้าจาก แหล่งข้อมูล โดยนักเรียนจะต้องคัดเลือกหลักฐานที่มีความน่าเชื่อถือมา

สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตน 3) การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างอย่างสมเหตุสมผลโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยพบว่า การสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ควรเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจ ตรวจสอบ หาคำตอบหลักฐาน ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยตัวของผู้เรียนเองเพื่อให้นักเรียนพัฒนาให้มีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง และนำมาสู่การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

#### 5.4 การวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

##### 5.4.1 ลักษณะแบบทดสอบความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

McNeill and Krajcik (2006) สร้างแบบทดสอบเพื่อวัดความสามารถในการสร้าง คำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นจำนวน โดยวัดความสามารถในเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ 3 เรื่อง ได้แก่สารและ สมบัติของสาร ปฏิกริยาเคมีและกฎทรงมวล เป็นจำนวน 3 ข้อ ซึ่งมีลักษณะเป็นข้อมูล ประกอบสถานการณ์ จำนวน 2 ข้อ และภาพแสดงการทดลอง 1 ข้อ

Gotwals, et al (2009) สร้างแบบทดสอบเพื่อศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยวัดการใช้หลักฐานและเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องความหลากหลายทางชีวภาพและระบบนิเวศ แบบสอบที่สร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัย ประกอบด้วยสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์และข้อคำถาม เพื่อให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

Sampson and Clark (2009) ได้สร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 3 เรื่อง จำนวน 2 ข้อ ใช้ข้อคำถามแบบปลายเปิด (Open-Ended Explanation Items) ได้แก่ การถ่ายทอดพลังงาน สมดุลความร้อน และการนำความร้อน โดยมี ภาพการ ทดลองและตารางเป็นข้อมูลประกอบสถานการณ์

จากการสร้างแบบทดสอบความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่าแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบสอบอัตนัย แต่ละข้อประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อมูลประกอบสถานการณ์ และข้อคำถาม โดยแบบสอบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามกรอบเนื้อหา ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีการวัดครบทุกองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจำนวนข้อและลักษณะของแบบทดสอบจะขึ้นอยู่กับลักษณะ และปริมาณของเนื้อหาว่าครอบคลุมกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

##### 5.4.2 เกณฑ์การประเมิน

McNeil (2006) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งได้เป็น 6 ระดับ ตั้งแต่ 0-5 ดังต่อไปนี้ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามระดับความสามารถ

ระดับ ความสามารถ	คำอธิบายในแต่ละระดับความสามารถ
0	ไม่ระบุงองค์ประกอบหรือระบุไม่ถูกต้องในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์
1	ไม่สามารถระบุตัวอย่างที่เป็นองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์
2	ระบุข้อสรุปที่มากเกินไป และไม่สามารถเชื่อมโยงตัวอย่างกับข้อสรุปได้
3	ระบุข้อสรุปที่กำกวม และไม่สามารถอธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้
4	ระบุข้อสรุปได้ แต่อธิบายตัวอย่างที่นำไปสู่ข้อสรุปได้ไม่ครบ
5	ระบุงองค์ประกอบของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้ครบถ้วน

McNell and Krajcik (2008) สร้างแบบประเมินความสามารถในการสร้าง คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีรายการประเมินตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริก 3 ระดับ การสร้าง เกณฑ์การ ประเมินแบ่งออกเป็น 2 แบบ ได้แก่ เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์แบบทั่วไป (General Rubrics) และ เกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์แบบเฉพาะ (Specific Rubric) เมื่อสร้างเกณฑ์การให้ คะแนนรูบริกส์แบบทั่วไปนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาเกณฑ์การให้คะแนนรูบริกส์ตามความ เฉพาะของเนื้อหาหรือชิ้นงานในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนนำมาใช้ในการประเมิน ความสามารถในการสร้างการคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนที่ได้รับในบทเรียน โดยนักเรียน ประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้เรียนรู้จากบทเรียนมาใช้ในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ด้วย ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินแบบทั่วไปตามองค์ประกอบทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
คำกล่าวอ้างหรือ ข้อสรุป (Claim) ข้อความหรือ สรุป ความที่เป็นคำตอบ สำหรับคำถาม	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้าง หรือ ระบุข้อกล่าวอ้าง ที่ไม่ ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ ถูกต้อง และสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์	ไม่ระบุหลักฐานหรือ ระบุ หลักฐานที่ไม่ได้	ระบุหลักฐานที่ เหมาะสมแต่ ไม่เพียงพอ	ระบุหลักฐานที่ เหมาะสม และเพียงพอ

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
ที่ สนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป ข้อมูลนี้ จะต้องเหมาะสม และเพียงพอสำหรับ สนับสนุนคำกล่าวอ้าง	สนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง	พอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงหลักฐาน ที่ไม่เหมาะสมด้วย	พอที่จะสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง
เหตุผล (Reasoning) การตัดสินใจว่าหลักฐานที่ใช้ สนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป นั้นเหมาะสมและเพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผล หรือ ระบุการให้เหตุผล ที่ไม่เชื่อมโยง หลักฐานกับ ข้อกล่าวอ้าง	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับ ข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับ ข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอ

สุทธิชาติ เปรมกมล (2554) ได้ทำการสร้างแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ข้อ ประกอบไปด้วย ข้อที่1 ผลของแรงลัพธ์กระทำต่อวัตถุและการเคลื่อนที่ ข้อที่2 แรงแเสียดทาน ข้อที่3 แรงพยุ่ง และข้อที่4 โมเมนต์ของแรง พร้อมเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจาก เกณฑ์การประเมิน McNeill and Krajcik (2014) ดังตารางที่ 7 พร้อมการแปลผลระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นช่วงคะแนน ซึ่งประกอบไปด้วยระดับดีมาก ดี และ ควรปรับปรุง ดังตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจาก เกณฑ์การประเมิน McNeill and Krajcik (2014) ดังตารางที่ 7

พหุบัณฑิต โท ชีวะ

ตารางที่ 7 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจาก เกณฑ์การประเมิน  
McNell and Krajcik (2014)

องค์ประกอบ	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	2	1	0
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง และสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือ ระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง
หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงหลักฐาน ที่ไม่เหมาะสมด้วย	ไม่ระบุหลักฐานหรือ ระบุ หลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือ ระบุการให้เหตุผล ที่ไม่เชื่อมโยง หลักฐานกับ ข้อกล่าวอ้าง
ข้อคัดค้าน	ตระหนักถึงการมีอยู่ของคำอธิบายทางเลือก และแสดงหลักฐานร่วมกับการให้เหตุผลที่เหมาะสม และเพียงพอในข้อคัดค้าน	ตระหนักถึงการมีอยู่ของคำอธิบายทางเลือก และแสดงหลักฐานร่วมกับการให้เหตุผลที่เหมาะสม และไม่เพียงพอในข้อคัดค้าน	ไม่ตระหนักถึงการมีอยู่ของคำอธิบายทางเลือก และไม่ให้ข้อคัดค้านหรือให้ข้อคัดค้านที่ไม่ถูกต้อง

ตารางที่ 8 แสดงการแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับช่วงคะแนน

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
17-24	ระดับดีมาก
9-16	ระดับดี
0-8	ระดับควรปรับปรุง

สุรศักดิ์ เชียงกา (2561) ได้สร้างแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทั้งหมด 4 ข้อ และเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พร้อมเกณฑ์การแปลผลความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยดัดแปลงจากเกณฑ์ของ McNeill and Krajcik (2008) พร้อมเกณฑ์การแปลผล ดังตารางที่ 9 และ 10 ตารางที่ 9 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0(ควรปรับปรุง)	1(ดี)	2(ดีมาก)
คำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป (Claim)	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือ ระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ ถูกต้อง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง และสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ สนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป ข้อมูลนี้ จะต้องเหมาะสม และเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้าง	ไม่ระบุหลักฐานหรือ ระบุ หลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงหลักฐาน ที่ไม่เหมาะสมด้วย	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง
เหตุผล (Reasoning) การตัดสินใจว่าหลักฐานที่ใช้ สนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป นั้นเหมาะสมและเพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือ ระบุการให้เหตุผล ที่ไม่เชื่อมโยงหลักฐานกับ ข้อกล่าวอ้าง	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอ



การแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ปรับปรุงจาก McNeill and Krajcik แบ่งออกเป็น 3 ระดับตามช่วงคะแนน คือ ระดับดีมาก ระดับดี และควรปรับปรุง

ตารางที่ 10 แสดงการแปลผลระดับความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์กับช่วงคะแนน

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
17-24	ระดับดีมาก
9-16	ระดับดี
0-8	ระดับควรปรับปรุง

ทัตตริน วรณเกตุศิริ (2561) ได้สร้างเกณฑ์การประเมินคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินการให้คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่มีการระบุหลักฐาน อ้างอิงและให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีการระบุหลักฐานอ้างอิงและให้เหตุผลวิทยาศาสตร์ ควรมีการกำหนดเกณฑ์การประเมิน (Explanation Rubric) เพื่อตรวจสอบตามองค์ประกอบของคำอธิบายนั้น ทั้งนี้ผู้สอนอาจจะกำหนดเกณฑ์การประเมินการอธิบายแต่ละองค์ประกอบของการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การให้นักเรียนรับรู้ถึงองค์ประกอบการอธิบายทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจนจะช่วยให้นักเรียนประเมินตนเองได้ในเบื้องต้นก่อนส่งให้ผู้สอนตรวจเพื่อให้คำแนะนำ

ตารางที่ 11 แสดงเกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
คำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป (Claim) ข้อความหรือสรุปความที่เป็นคำตอบสำหรับคำถามหรือปัญหาที่กำหนด	ไม่มีคำกล่าวอ้าง ไม่ลงข้อสรุป หรือ ลงข้อสรุปไม่ถูกต้อง	คำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุปได้ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์	ระบุคำกล่าวอ้างหรือลงข้อสรุปได้ถูกต้องและสมบูรณ์
หลักฐาน (Evidence) ข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สนับสนุนคำกล่าวอ้าง หรือข้อสรุป ข้อมูลนี้ จะต้องเหมาะสม และ	ไม่ระบุหลักฐาน หรือหลักฐานไม่เหมาะสม (หลักฐาน ที่ระบุไม่สนับสนุน คำกล่าวอ้างหรือ ข้อสรุป)	ระบุหลักฐานได้เหมาะสมแต่ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป อาจใช้หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมและเพียงพอสำหรับสนับสนุนคำกล่าวอ้างหรือข้อสรุป

พฤติกรรมบ่งชี้	ระดับคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	0	1	2
เพียงพอสำหรับ สนับสนุนคำกล่าวอ้าง		บางส่วนที่ไม่ เหมาะสม	
เหตุผล (Reasoning) การตัดสินใจว่าหลักฐาน ที่ใช้ สนับสนุนคำกล่าว อ้าง หรือข้อสรุป นั้น เหมาะสมและเพียงพอ ตามหลักการทาง วิทยาศาสตร์	ขาดการให้เหตุผล หรือมีการให้เหตุผล แต่ไม่แสดงให้เห็นถึง การเชื่อมโยงระหว่าง หลักฐานกับข้อกล่าว อ้าง	ไม่ให้เหตุผล หรือ ให้ เหตุผลที่ไม่ เชื่อมโยง หลักฐาน สนับสนุนคำ กล่าว อ้างหรือข้อสรุป	ให้หลักฐานที่เชื่อมโยง หลักฐานที่สนับสนุน คำกล่าวอ้างหรือ ข้อสรุปรวมถึงใช้ หลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสมและเพียงพอ

ณัฐวรรณ ศิริธร เอกภูมิ จันทระขันธ์ และ สุรศักดิ์ เชียงกา ได้สร้างแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์จำนวน 7 ข้อ แบบปลายเปิดซึ่งพิจารณาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์รายข้อของนักเรียนได้ทำการวิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในภาพรวมต่อโดยใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก จากนั้น ทำการแบ่งอันดับภาคชั้น ตามหลักการทางสถิติ เพื่อทำการแปลผลคะแนนออกเป็น 3 ระดับ ดังนี้ ระดับดี (2.00-1.40 คะแนน) ระดับพอใช้ (1.30-0.70 คะแนน) และระดับปรับปรุง (0.60-0.00คะแนน)

จากการศึกษาสรุปได้ว่า เกณฑ์ประเมินคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาจากพฤติกรรมชี้วัดตามกระบวนการของวิธีการหรือเทคนิคนั้น ๆ ในการวิจัย ครั้งนี้การวิเคราะห์ผลการทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ โดยวิเคราะห์ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยใช้เกณฑ์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2014) ซึ่งมีการแปลผลโดยการนำคะแนนรวมมาหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก จากนั้นทำการแบ่งอันดับภาคชั้นตามหลักสถิติ และแปลผลออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี และระดับพอใช้ ซึ่งคะแนนจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 2 คะแนน

ตารางที่ 12 เกณฑ์การประเมินการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ McNeill and Krajcik (2014)

องค์ประกอบ	ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์		
	ระดับสูง (2)	ระดับปานกลาง(1)	ระดับต่ำ(0)
ข้อกล่าวอ้าง	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง และสมบูรณ์	ระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	ไม่ระบุข้อกล่าวอ้างหรือ ระบุข้อกล่าวอ้างที่ไม่ถูกต้อง
หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่เหมาะสม และเพียงพอที่จะสนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง	ระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ ไม่เพียงพอที่จะสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงหลักฐาน ที่ไม่เหมาะสมด้วย	ไม่ระบุหลักฐานหรือ ระบุ หลักฐานที่ไม่ได้สนับสนุน ข้อกล่าวอ้าง
การให้เหตุผล	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสม และเพียงพอ	ระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง โดยเป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์แต่ไม่เพียงพอ	ไม่ระบุการให้เหตุผลหรือ ระบุการให้เหตุผล ที่ไม่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง

ตารางที่13 ตารางแสดงการแปลผลระดับความสามารถตามช่วงคะแนน

ระดับความสามารถ	ช่วงคะแนน
ระดับดีมาก	4.0-6.0
ระดับดี	2.0-3.9
ระดับพอใช้	0-1.9

## 6. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 6.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Eysenck, et al (1972) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนโดย อาศัยความสามารถเฉพาะตัวของบุคคล โดยผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนอาจได้จากการทดสอบ เช่น การสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรือเกรคของการเรียน ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการที่ซับซ้อนและ ระยะเวลา หรืออาจวัดด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั่วไป

อารีย์ วชิรวารการ (2542) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่โรงเรียน ที่บ้านและสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ แต่คนส่วนมากเข้าใจว่าผลสัมฤทธิ์ เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนภายในโรงเรียน และมองในแง่ความรู้ความสามารถทางสมองเท่านั้น ในทางที่เป็นจริง แล้วความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรมล้วนก็เป็นผลจากการฝึกสอนและอบรม ซึ่งก็นับเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วย

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความรู้ความเข้าใจ ทักษะ และสมรรถภาพทางสมองของนักเรียนที่ได้จากการเรียนรู้การศึกษา ค้นคว้า อบรม การสั่งสอน หรือได้จากประสบการณ์ที่ได้รับจากทางโรงเรียน บ้าน และแหล่งอื่น ๆ

ดังนั้นสรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลจากการวัดความสามารถของนักเรียนจากเนื้อหาในรายวิชานั้น ๆ ซึ่งประกอบด้วยความรู้ ความสามารถซึ่งเป็นผลที่เกิดจากการเรียนรู้และได้รับ จากกระบวนการเรียนการสอน วัดได้จากการประเมินตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยของ Bloom แบ่ง ออกเป็น 6 ระดับ ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้ ระดับการวิเคราะห์ ระดับการ สังเคราะห์และระดับการประเมินค่า

## 6.2 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560) กล่าวถึง ผลงานทางวิชาการของ Bloom ที่มีชื่อ อนุกรมวิธานของ Bloom (Bloom's Taxonomy) ซึ่งก็คือการจัดจำแนกการเรียนรู้ ออกเป็น 3 ด้าน คือด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านจิตพิสัย (Affective Domain) สำหรับด้านพุทธิพิสัยนั้น Bloom ได้แบ่งการเรียนรู้ ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge)เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนสามารถตอบเกี่ยวกับสาระหรือข้อเท็จจริง ค่านิยม ชื่อ สูตรต่าง ๆ หลักเกณฑ์ ทฤษฎี การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมว่าใช้ความสามารถในการจำและระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือเคยพบมาแล้วมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากความจำ เช่น

- สิ่งแวดล้อมหมายถึงอะไร
- ระบบสุริยะประกอบด้วยอะไรบ้าง
- โมเลกุลคืออะไร

2. ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนเข้าใจในเรื่องที่เรียนรู้ทั้งด้านความหมายความสัมพันธ์ และความรู้ที่เป็นโครงข่ายระหว่างแนวคิด (Network of Concepts) ทั้งหมดที่เรียน การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนแสดงพฤติกรรมหรือใช้ความสามารถในการอธิบาย บรรยาย แปลความหมาย ขยายความสรุปอ้างอิง จากข้อมูล (Data) ที่ผ่านการประมวลเป็นสารสนเทศ (Information) แล้ว เช่น กราฟ แผนภูมิ ตาราง ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- เพราะเหตุใดในทะเลทรายจึงมีพืชดำรงชีวิตอยู่ได้น้อย
- ทำไมดวงจันทร์จึงมีลักษณะแตกต่างกันในแต่ละคืน
- เพราะเหตุใดจึงต้องสร้างเขื่อนให้ฐานเขื่อนมีความกว้างกว่าสัน

เขื่อน

3. ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้ (Application) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการหาคำตอบและแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการนำเอาข้อเท็จจริง (Fact) ความคิด (Idea) หลักการ (Principle) กฎ (Law) วิธีการ หรือสูตรต่าง ๆ มาใช้ในการตอบคำถามหรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการนำไปใช้ เช่น

- ถ้าอุ่นแกงไปเรื่อย ๆ จะเกิดอะไรขึ้นบ้าง
- ในการทำน้ำเชื่อม ถ้าอยากให้น้ำตาลทรายทั้งหมดละลายได้เร็ว

ขึ้นจะอย่างไรได้บ้าง

- เราจะวัดความสูงของต้นไม้ได้อย่างไร

4. ระดับที่ 4 ระดับการวิเคราะห์ (Analyzation) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณและลึกซึ้ง เนื่องจากไม่สามารถหาข้อมูลที่มีอยู่ได้โดยตรง มี 2 ลักษณะคือ

4.1 วิเคราะห์ข้อมูลที่มีอยู่เพื่อให้ได้ข้อสรุปและหลักการที่สามารถนำไปใช้ในสถานการณ์อื่น ๆ ได้

4.2 วิเคราะห์ข้อสรุปข้ออ้างอิง หรือหลักการต่าง ๆ เพื่อหาหลักฐานที่สนับสนุนหรือปฏิเสธข้อความนั้นการประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวให้กระจายออกเป็นส่วนย่อย ๆ จนกระทั่งมองเห็นความสำคัญหาความสัมพันธ์และหลักการของเรื่องนั้นมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- การทดลองนี้ นักเรียนต้องควบคุมอะไรให้คงที่บ้าง
- ดาวศุกร์และโลกมีอะไรเหมือนกันและแตกต่างกันบ้าง

- ถ้าน้ำมันปิโตรเลียมและแก๊สธรรมชาติหมดไปจากโลก

จะส่งผลต่อมนุษย์อย่างไรบ้าง

5. ระดับที่ 5 ระดับการสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนสามารถคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ ทำนายสถานการณ์ในอนาคต คิดวิธีแก้ไขปัญหา การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยเข้าเป็นเรื่องราวเดียวกัน หรือสร้างรูปแบบหรือแนวคิดใหม่ หรือการปรับปรุงของเก่าให้ดีขึ้นและมีคุณภาพสูงขึ้นมาตอบคำถาม ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสังเคราะห์ เช่น

- เราจะวางแผนการบันทึกจำนวนแมลงที่บินเข้าและออกจากสวน

ได้อย่างไร

- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้น้องชั้น ป.4 เข้าใจ จะมี

วิธีการอย่างไรบ้าง

- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะ

ทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

6. ระดับที่ 6 ระดับการประเมินผล (Evaluation) เป็นการเรียนรู้ในระดับที่นักเรียนต้องใช้ในการตัดสินคุณค่า โดยต้องมีการตั้งเกณฑ์ในการประเมินและแสดงความเห็นในเรื่องนั้น ๆ ได้ การประเมินการเรียนรู้ระดับนี้ทำได้โดยให้นักเรียนใช้ความสามารถในการวินิจฉัยหรือตัดสินโดยใช้เหตุผลมาตอบคำถามตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินผล เช่น

- นักเรียนคิดว่าเหตุผลของนักดาราศาสตร์ในการตัดสินให้ดาวพลูโตเป็นดาวเคราะห์แคระในระบบสุริยะเพียงพอแล้วหรือไม่ เพราะเหตุใด

- นักเรียนคิดว่าการค้นพบทฤษฎีสัมพัทธภาพของไอน์สไตน์มีประโยชน์หรือไม่ เพราะเหตุใด

- หากประเทศไทยจะประกาศให้การโคลนเป็นเรื่องที่ทำได้โดยถูกกฎหมาย นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด

Anderson and Krathwohl (2001) ได้ทบทวนและปรับปรุงอนุกรมวิธานของ Bloom โดยใช้ชื่อว่า อนุกรมวิธานการเรียนรู้ การสอน และการประเมิน หรือที่เรียกสั้น ๆ ว่า อนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจาก Bloom (Revised Bloom's Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของ Bloom ให้เป็นพลวัตมากยิ่งขึ้นโดยการเปลี่ยนแต่ละระดับของ Bloom จากคำนามให้เป็นคำกริยาเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้

1. ระดับที่ 1 ระดับความรู้ที่เกิดจากความจำ (Knowledge) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถจดจำหรือย้อนระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้แล้วสามารถนำความรู้ที่อยู่ในความทรงจำออกมาได้ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความรู้ที่เกิดจากการจำ เช่น

- อะตอมคืออะไร ประกอบด้วยอะไรบ้าง
- สมการการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืชเป็นอย่างไร

2. ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจ (Comprehension) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถสร้างคำอธิบาย สื่อสาร หรือแสดงให้เห็นความเข้าใจข้อเท็จจริง แนวคิด หรือความรู้ที่ได้เรียนซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีการ ต่าง ๆ เช่น อธิบาย จำแนก เปรียบเทียบ สร้างแผนภูมิหรือแผนผังตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินความเข้าใจ เช่น

- แรงแม่เหล็กและแรงโน้มถ่วงเหมือนกันและแตกต่างกันอย่างไร
- แผนภูมิแสดงความสูงของพืชแต่ละชนิดในหนึ่งสัปดาห์สามารถ

อธิบายเกี่ยวกับการเจริญเติบโตของพืชได้อย่างไร

- เพราะเหตุใดนักบินอวกาศจึงต้องสวมชุดอวกาศเมื่อออกไป

ปฏิบัติภารกิจภายนอกยานอวกาศ

3. ระดับที่ 3 ประยุกต์ใช้ (Apply) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถลงมือทำหรือดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งตามสถานการณ์ที่กำหนด โดยนำความรู้ที่เรียนมาใช้ประโยชน์ ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประยุกต์ใช้ เช่น

- จะเกิดอะไรขึ้นถ้าแก๊สที่กำลังเดือดได้รับพลังงานความร้อนมาก

ขึ้น

- ถ้านำพืชแต่ละชนิดไปวางไว้ในที่ที่ไม่มีแสงแดดส่องถึง พืชแต่ละ

ชนิดจะมีการเปลี่ยนแปลงเหมือนหรือแตกต่างกัน อย่างไร

- จะเลือกใช้วัสดุชนิดใดมาสร้างเสื่อกันฝน เพราะเหตุใด

4. ระดับที่ 4 วิเคราะห์ (Analyze) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถแจกแจงแยกแยะสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ออกเป็นองค์ประกอบหรือส่วนย่อย ๆ และพิจารณาความเกี่ยวข้องกันของส่วนย่อยแต่ละส่วน รวมถึงพิจารณาความเกี่ยวข้องของแต่ละส่วนย่อยกับสิ่งของ วัตถุ เหตุการณ์ ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ ที่ได้แยกแยะออกมาตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการวิเคราะห์ เช่น

- ปากใบมีความสำคัญอย่างไรต่อการทำหน้าที่ของใบพืช
- การถ่ายโอนความร้อนระหว่างสสารมีผลต่อการเกิดลมอย่างไร
- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของน้ำแข็งขั้วโลก และแต่

ละปัจจัยมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร

5. ระดับที่ 5 ประเมินค่า (Evaluate) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าโดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานซึ่งอาจทำได้ด้วยวิธีวิพากษ์ (Criticize) ตรวจสอบ (Checking) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการประเมินค่า เช่น

- แบบจำลองใดที่อธิบายเกี่ยวกับระบบสุริยะได้ครบถ้วนและใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงมากที่สุด

- ถ้าต้องอธิบายเรื่องความหนาแน่นให้องค์ ป.4 เข้าใจ จะมีวิธีการอย่างไรบ้าง

- ถ้าต้องสร้างแบบจำลองแสดงลักษณะของอะตอมอีกครั้งหนึ่ง จะทำให้เหมือนจริงมากกว่าแบบจำลองที่ทำไว้ก่อนหน้านี้ได้อย่างไรบ้าง

6. ระดับที่ 6 สร้างสรรค์ (Create) เป็นระดับที่นักเรียนสามารถนำส่วนย่อยต่าง ๆ หรือองค์ประกอบย่อย เข้ามาเชื่อมโยงกันเป็นภาพรวมของสิ่งของวัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ ระบบต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล โดยผ่านการออกแบบ การวางแผน การสร้าง การผลิต การก่อให้เกิด(Generating) ตัวอย่างคำถามเพื่อประเมินการสร้างสรรค์ เช่น

- เสนอแนวทางอื่น ๆ ที่จะทำให้ประเทศไทยมีพลังงานไว้ใช้ผลิตไฟฟ้าได้เพียงพอต่อความต้องการของคนทั้งประเทศ

- นักเรียนเห็นด้วยกับการนำเทคโนโลยีตัดต่อพันธุกรรมมาใช้กับผลผลิตทางการเกษตรหรือไม่ เพราะเหตุใด

- เพราะเหตุใดหมาป่าจึงไม่สามารถทำลายบ้านของหนูตัวที่ 3 ได้นันท์ภัส นิยมทรัพย์ (2560) กล่าวถึง คำอธิบายและคำกริยาที่ใช้ในอนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของBloomมีรายละเอียดดังตาราง 13

ตารางที่ 13 อนุกรมวิธานด้านพุทธิพิสัยฉบับปรับปรุงของ Bloom

ระดับพุทธิพิสัย	คำอธิบาย	ตัวอย่างพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง		
จำได้ (Remember)	การระลึกได้ถึงข้อเท็จจริง ข้อความ หรือความรู้ เฉพาะด้าน โดยการระลึกได้จากความจำระยะยาว	นับ นิยาม บรรยาย วาด ค้นหา	ระบุ ทำ เครื่องหมาย ใส่รายการ บอกตำแหน่ง บอกชื่อ	เรียก ท่อง บันทึก เล่าเหตุการณ์ บอก
เข้าใจ	การเข้าใจและการสร้างความหมายด้วยปากเปล่า	แบ่งประเภท บรรยาย อภิปราย	อ้างถึง ระบุ ตีความ โครงร่าง	แทนที่ เรียบเรียง ใหม่



ระดับพุทธิพิสัย	คำอธิบาย	ตัวอย่างพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง		
	การเขียนและการสื่อสารด้วยภาพกราฟิก	ยกตัวอย่างอธิบาย	ถอดความ	สรุปบอก แปล
ประยุกต์	การใช้หรือการปฏิบัติกระบวนการในสถานการณ์ใหม่ที่เป็นรูปธรรม	นำไปปฏิบัติแบ่งประเภทคำนวณแสดงให้เห็นกำหนด/ตัดสินใจ	วาดดำเนินการแสดงภาพประกอบใช้อุปกรณ์วางแผน	เลือกแสดงให้เห็นแก้ปัญหาถ่ายโอนใช้
วิเคราะห์	การแยกส่วนจากองค์รวมไปสู่ส่วนย่อยและทำความเข้าใจบทบาทของแต่ละส่วนย่อยนั้น การบอกความสัมพันธ์ของส่วนย่อยนั้น และความสัมพันธ์ของเป้าหมายโดยรวมหรือโครงสร้างโดยรวม	วิเคราะห์จำแนก/แยกแยะจัดหมวดหมู่ให้คุณ-ลักษณะเปรียบเทียบ	บอกสิ่งที่ขัดแย้งถอดโครงสร้างบอกความแตกต่างแบ่งแยกทำให้เห็นความต่าง	ตรวจสอบอนุมาน/อุปนัยโต้สอบสวนเชื่อมโยงแยกส่วน

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้จากการบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ในพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ซึ่งแบ่งออกเป็น 6 ด้าน คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า และอนุกรมวิธานที่ปรับปรุงมาจาก Bloom (Revised Bloom's Taxonomy) โดยการปรับปรุงอนุกรมวิธานของ Bloom ให้เป็นพลวัตมากขึ้นโดยเพื่อแสดงถึงกระบวนการของนักคิดเพื่อพัฒนาสติปัญญาด้านพุทธิพิสัยซึ่งได้แบ่งการเรียนรู้ออกเป็น 6 ระดับ ดังนี้ จดจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้วิชาเคมีดีขึ้น วัดผลด้านพุทธิพิสัยในจดจำ เข้าใจ ประยุกต์ใช้ วิเคราะห์ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### 6.3 หลักการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Bloom (1982) ได้กล่าวว่า สิ่งใดก็ตาม ที่มีปริมาณอยู่จริงสิ่งนั้นสามารถวัดได้ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก็อยู่ภายใต้กรอบแนวคิดดังกล่าว ซึ่งผลการวัดจะเป็นประโยชน์ในลักษณะทราบและประเมินระดับความรู้ ทักษะและเจตคติของนักเรียน และระดับความรู้ความสามารถตามแนวคิดของ

Bloom มี 6 ระดับ ดังนี้ 1) ความจำ คือ สามารถจำเรื่องต่าง ๆ ได้ เช่น คำจำกัดความสูตรต่าง ๆ วิธีการ เช่น นักเรียนสามารถบอกชื่อสารอาหาร 5 ชนิดได้ นักเรียนสามารถบอกชื่อธาตุที่เป็นองค์ประกอบของโปรตีนได้ครบถ้วน 2) ความเข้าใจ คือ สามารถแปลความ ขยายความ และสรุปใจความสำคัญได้ 3) การนำไปใช้ คือ สามารถนำความรู้ ซึ่งเป็นหลักการ ทฤษฎี ฯลฯ ไปใช้ในสภาพการณ์ที่ต่างออกไปได้ 4) การวิเคราะห์ คือ สามารถแยกแยะข้อมูลและปัญหาต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อยเช่น วิเคราะห์องค์ประกอบ ความสัมพันธ์ หลักการดำเนินการ 5) การสังเคราะห์ คือ สามารถนำองค์ประกอบ หรือส่วนต่าง ๆ เข้ามารวมกันเป็นหมวดหมู่ที่มีความหมาย 6) การประเมินค่า คือ สามารถพิจารณาและตัดสินจากข้อมูล คุณค่าของ หลักการโดยใช้มาตรการที่ผู้อื่นกำหนดไว้หรือตัวเองกำหนดขึ้น

อัจฉรา สุขารมณ์และ อรพินท์ ชูชม (2530) ได้ให้ความหมายว่า ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการทำงานที่ต้องอาศัยความพยายาม จำนวนหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการกระทำที่อาศัยความสามารถทางร่างกายหรือสมอง ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงเป็นขนาดของความสำเร็จที่ได้จากการเรียนที่อาศัยความสามารถเฉพาะตัวของแต่ละบุคคลโดยตัวที่บ่งชี้ถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจได้มาจากกระบวนการที่ไม่ต้องอาศัย การทดสอบ (Nontesting Procedures) เช่น จากการสังเกต หรือการตรวจการบ้าน หรืออาจอยู่ในรูปของเกรดที่ได้จากโรงเรียน (School Grade) ซึ่งต้องอาศัยกรรมวิธีที่ซับซ้อนและช่วงเวลาในการ ประเมินอันยาวนาน หรืออีกวิธีหนึ่งอาจวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนทั่วไป (Published Achievement Tests) จะพบว่าการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิยมใช้กันทั่วไปมักอยู่ในรูปของเกรดที่ได้จากโรงเรียนเนื่องจากให้ผลที่เชื่อถือได้มากกว่า เพราะอย่างน้อยก่อนการประเมินผลการเรียนของนักเรียน ครูจะพิจารณาองค์ประกอบอื่น ๆ อีกหลายด้านจึงยอมดีกว่าการแสดงขนาดของความล้มเหลวหรือความสำเร็จทางการเรียนจากแบบทดสอบของนักเรียนด้วยแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพียงอย่างเดียว

ยาวดี วิบูลย์ศรี (2540) ได้กล่าวถึงข้อตกลงเบื้องต้นที่ควรคำนึงถึงในการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ไว้ดังนี้ 1) เนื้อหา หรือทักษะภายในขอบเขตที่ครอบคลุมในแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์นั้น จะต้องสามารถจำกัดอยู่ในรูปของพฤติกรรม ซึ่งมีความเฉพาะเจาะจงในลักษณะที่จะสื่อสารไปยังบุคคลอื่นได้ ถ้าเป้าหมายทางการศึกษาไม่สามารถจำกัดอยู่ในรูปของพฤติกรรมแล้ว ย่อมไม่สามารถที่จะวัดได้ในลักษณะของผลสัมฤทธิ์ได้อย่างชัดเจน 2) ผลผลิตที่แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์วัดนั้น จะต้องเป็นผลผลิตเฉพาะที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการเท่านั้น จะวัดผลผลิตผลอย่างอื่นไม่ได้ 3) ผลสัมฤทธิ์หรือความรู้ต่าง ๆ ที่แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์วัดได้นั้น ถ้าจะนำไปเปรียบเทียบกันแล้ว ผู้เข้าสอบทุกคนจะต้องมีโอกาสได้เรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ เท่าเทียมกัน

จากความหมายที่นักวิจัยและนักวิชาการต่าง ๆ ได้กล่าว สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้งด้านปัญญาความคิด และทักษะการปฏิบัติสามารถวัดได้โดยใช้

เครื่องมือวัดผล เพื่อตรวจสอบว่านักเรียนมีพฤติกรรมบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ตามพฤติกรรมพุทธิพิสัย แบ่งออกเป็น 6 ด้าน ได้แก่ ระดับความจำ ระดับความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้ ระดับการวิเคราะห์ ระดับการ สังเคราะห์และระดับการประเมินค่า

โดยงานวิจัยนี้ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีให้ดีขึ้น โดยวัดผลจากพุทธิพิสัยในระดับ ความจำ ความเข้าใจ ระดับการประยุกต์ใช้และระดับการวิเคราะห์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

#### 6.4 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

##### 6.4.1 ความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สิริพร ทิพย์คง (2545) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึงชุดคำถามที่มุ่งวัดพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนว่ามีความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านสมองด้านต่างๆ ในเรื่อง ที่เรียนรู้ไปแล้วมากน้อยเพียงใด

สมพร เชื้อพันธ์ (2547) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

บุญชม ศรีสะอาด (2556) กล่าวถึง แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบที่ใช้ในการวัดความรู้ความสามารถของบุคคลในด้านวิชาการ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระ ตามวัตถุประสงค์ของวิชา โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาต่างๆในโรงเรียน ที่ผ่านการเรียนมาแล้วว่ามีความรอบรู้มากน้อยเพียงใด

จากการศึกษาเอกสารข้างต้นสามารถสรุปความหมายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ว่า หมายถึง ข้อคำถามที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ โดยเน้นที่ความสามารถทางวิชาการของนักเรียน ที่ได้รับการเรียนรู้ไปแล้ว ในเนื้อหาสาระต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ของวิชา ซึ่งวัดว่านักเรียนเกิดการ เรียนรู้มากน้อยเพียงใด

##### 6.3.2 ประเภทของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ไพโรจน์ คะเซนทร์ (2556) ได้จัดประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่ง ออกเป็น 2 ประเภท คือแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher Made Tests) และแบบทดสอบ มาตรฐาน (Standardized Tests) ซึ่งทั้ง 2 ประเภทจะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือถามสิ่งที่นักเรียน ได้รับจากการเรียนการสอนซึ่งจัดกลุ่มพฤติกรรมได้ 6 ประเภท คือ ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การ นำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน

1. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเป็นแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเองเพื่อใช้ในการทดสอบนักเรียนในชั้นเรียน แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 แบบทดสอบปรนัย (Objective Tests) ได้แก่ แบบถูก – ผิด (True-Talse) แบบจับคู่ (Matching) แบบเติมคำให้สมบูรณ์ (Completion) หรือแบบคำตอบสั้น (Short Answer) และแบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

1.2 แบบอัตนัย (Essay Tests) ได้แก่ แบบจำกัดคำตอบ (Restricted Response Items) และแบบไม่จำกัดคำตอบ หรือ ตอบอย่างเสรี (Extended Response Items)

2 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้าง โดยผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ในเนื้อหา และมีทักษะการสร้างแบบทดสอบ มีการวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ มีคำชี้แจงเกี่ยวกับการดำเนินการสอบ การให้คะแนนและการแปลผล มีความเป็นปรนัย (Objective) มีความเที่ยงตรง (Validity) และความเชื่อมั่น (Reliability) แบบทดสอบมาตรฐาน ได้แก่ California Achievement Test, Iowa Test of Basic Skills, Standford Achievement Test และ the Metropolitan Achievement tests เป็นต้น

ไพศาล วรคำ (2562) ได้กล่าวถึงการจำแนกแบบทดสอบตามการตรวจให้คะแนน สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

1. แบบทดสอบปรนัย (Objective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยสูง กล่าวคือ ไม่ว่าจะให้บุคคลใดเป็นผู้ตรวจก็จะสามารถให้คะแนนได้ถูกต้องตรงกันเสมอ เช่น แบบทดสอบแบบเลือกตอบ แบบทดสอบแบบจับคู่ แบบทดสอบแบบถูก-ผิด เป็นต้น

2. แบบทดสอบอัตนัย (Subjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่การตรวจให้คะแนนมีความเป็นปรนัยต่ำหรือคะแนนที่ได้จะขึ้นอยู่กับ การพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน เช่น แบบทดสอบความเรียง แบบทดสอบเติมคำ เป็นต้น

3. แบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ (Modified Subjective Test) หมายถึง แบบทดสอบที่ทำการปรับปรุงมาจากแบบทดสอบอัตนัย โดยการปรับวิธีการตรวจให้คะแนนให้มีความเป็นปรนัยมากขึ้น

บุญชม ศรีสะอาด (2556) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่สร้างขึ้นตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม มีคะแนนจุดตัดหรือคะแนนเกณฑ์ สำหรับใช้ตัดสินว่าผู้สอบมีความรู้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่ การวัดตรงตามจุดประสงค์เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบในแบบทดสอบประเภทนี้

2. แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm Referenced Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งสร้างเพื่อวัดให้ครอบคลุมหลักสูตร จึงสร้างตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร ความสามารถในการจำแนกผู้สอบตามความเก่งอ่อนได้ดี เป็นหัวใจสำคัญของข้อสอบประเภทนี้ การรายงานผลการสอบอาศัยคะแนนมาตรฐาน ซึ่งเป็นคะแนนที่สามารถให้ความหมายแสดงถึงสถานภาพความสามารถของบุคคลนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับบุคคลอื่น ๆ ที่ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ โดยทั่วไปจะวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาต่าง ๆ ที่เรียนตามโรงเรียน วิทยาลัย มหาวิทยาลัยหรือสถาบันการศึกษาต่าง ๆ

สรุปได้ว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกได้หลายประเภทตามเกณฑ์การจำแนกโดยถ้าแบ่งตามการสร้างจะได้แบบทดสอบมาตรฐาน และแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นหากจำแนกตามการตรวจให้คะแนน จำแนกได้เป็นแบบทดสอบปรนัย ซึ่งการให้คะแนนของแบบทดสอบอัตนัยจะขึ้นอยู่กับพิจารณาของผู้ตรวจให้คะแนนแต่ละคน ซึ่งการตรวจให้คะแนนจะไม่ขึ้นอยู่กับผู้ให้คะแนนแบบทดสอบอัตนัย และแบบทดสอบอัตนัยประยุกต์ แบบทดสอบอิงกลุ่มเป็นแบบทดสอบวัดความรู้ของแต่ละบุคคลว่ามีความรู้ในระดับใดเมื่อเทียบกับบุคคลอื่น

โดยในงานวิจัยนี้ได้สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยและมีการตรวจให้คะแนนแบบอิงเกณฑ์

## 8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 8.1 งานวิจัยในประเทศ

นฤตล ตามพ์สุกรี (2552) ได้ทำการศึกษากระบวนการเรียนการสอนปฏิบัติการผ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้มาตรฐานสกอร์ม (SCORM) เป็นระบบปฏิบัติการจริง ที่พัฒนาขึ้นโดยบูรณาการข้อเด่นของปฏิบัติการทดลองจริง ปฏิบัติการทดลองเสมือน และปฏิบัติการทดลองทางไกล ซึ่งนักเรียนสามารถปฏิบัติการทดลองด้วยตนเองจริงนอกห้องปฏิบัติการปกติ และเชื่อมต่อการทดลองเข้ากับระบบเครือข่ายเพื่อเก็บผลการทดลองไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ ตามมาตรฐานสกอร์ม 2004 ได้ทุกระบบ ทำให้สามารถนำเนื้อหาการทดลองไปใช้กับระบบใหม่ได้โดยไม่ต้องสร้างขึ้นใหม่ ซึ่งเป็นนวัตกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการทางไกลแบบใหม่ ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเรียนได้ทุกที่ ทุกเวลา ตามอัธยาศัยของนักเรียน โดยมีการเก็บข้อมูลจากนักเรียนอย่างเป็นระบบตามมาตรฐานสากล บทความนี้ได้อธิบายถึงการสร้างสถาปัตยกรรมทั้งระบบฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เพื่อเชื่อมต่อการทดลอง รวมถึงซอฟต์แวร์ที่ส่งข้อมูลไปยังระบบจัดการการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งผลการทดลองระบบมีความผิดพลาดต่ำในระดับที่สามารถนำไปใช้ทดแทนการปฏิบัติการในห้องทดลองจริงได้ การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเปรียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยระบบและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติในห้องปฏิบัติการ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของ

นักศึกษาในกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยระบบสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

ปรัชญามาศ วันยาว (2551) ได้ทำการวิจัยบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนเรื่อง ปฏิกริยาไฟฟ้าเคมีที่ผู้พัฒนานำเสนอเป็นบทเรียนตามสาระการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์วิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรของสถานศึกษา และตามหลักสูตรแกนกลางของกระทรวง ศึกษาธิการ โดยผู้พัฒนาจะพัฒนาในรูปแบบสื่อ มัลติมีเดียปฏิสัมพันธ์ คือ มีข้อความบรรยาย เสียง ภาพและภาพเคลื่อนไหว และทั้งหมดนี้จะถูกนำเสนอในระบบ Learnsquare ระบบสามารถจัดการกับระบบต่าง ๆ เกี่ยวกับการเรียนการสอนตามความหมายของ E-Learning ระบบสามารถเก็บข้อมูล เกี่ยวกับผู้เรียนที่ผู้สอนต้องการทราบ เช่น รายชื่อของผู้ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาหนึ่ง จำนวนครั้งใน การเข้าสู่ระบบเพื่อเรียนเนื้อหาส่วนต่าง ๆ คะแนนที่ได้จากการสอบในแต่ละครั้งนอกจากนี้ยังมีการ จัดการข้อมูลอื่น ๆ เกี่ยวกับผู้ใช้และมีสิ่งอำนวยความสะดวกเพื่อให้การเรียนบนระบบเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และระบบยังสามารถจัดการสอบผ่านทางเครือข่าย เมื่อผู้เรียนทำข้อสอบเสร็จแล้วระบบสามารถตรวจคำตอบและรายงานผลคะแนนได้ทันที ทั้งนี้จะนำเสนอโดยประกอบด้วย เนื้อหา การปฏิบัติการทดลองด้วยตนเอง (Lab) และสถานการณ์จำลอง ทางผู้วิจัยได้พัฒนา ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงบนคอมพิวเตอร์เพื่อผู้ที่สนใจ ในการทำการทดลองแต่ไม่มีอุปกรณ์ได้มีโอกาสศึกษาเพิ่มมากขึ้น อธิบายเนื้อหาโดยแยกให้ผู้เรียนเห็นภาพก่อนหลังได้ชัดเจน อีกทั้งยังได้รับความเพลิดเพลินไปกับเกมที่มีเนื้อหาสาระสอดแทรกลงไป พร้อมแบบทดสอบก่อนเรียนและ หลังเรียน จะเป็นข้อสอบแบบ ปรนัย 4 ตัวเลือก โดยใช้หลักการสุ่มเลือกขึ้นมาโดยจะสุ่มทั้งข้อสอบ และตัวเลือกเป็นการกระตุ้น และสร้างความสนใจของผู้เรียนให้เกิดแรงจูงใจใฝ่เรียนรู้ยิ่งขึ้น เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ ในกระบวนการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สอดคล้องกับ พระราชบัญญัติการศึกษา แห่งชาติพ.ศ. 2542 เพื่อการพัฒนาการเรียนการสอนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นและมีความพึงพอใจในสื่อบทเรียนคอมพิวเตอร์ซึ่งจะทา ให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชัยวัฒน์ เชื้อมั่ง และวัลลภ คงนะ (2552) ได้ทำการศึกษาการเรียนวิชาเคมีที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรง การพัฒนาสื่อการสอนห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน (Virtual Chemistry Laboratory) เป็นการจำลองห้องปฏิบัติการเคมีในคอมพิวเตอร์หรือผ่านทาง อินเทอร์เน็ตไปยังผู้เรียนซึ่งเป็นที่นิยมใช้ในมหาวิทยาลัยชั้นนำในต่างประเทศในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Virtual Chemistry Laboratory สร้างบทปฏิบัติการทดลองเคมีซึ่งคล้ายกับ การปฏิบัติการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมีจริง โปรแกรมนี้ประกอบด้วยอุปกรณ์พื้นฐานเครื่องแก้ว เช่น ปีกเกอร์, ขวดรูปชมพู่, ปิเปต และ บิวเรต เครื่องมือเคมีของสารนั้นด้วย เช่น สถานะ, มวลโมเลกุล, เอนทัลปี, เอนโทรปี และปฏิกริยา ผู้วิจัยได้สร้างการทดลองทางเคมีในห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน จริง

จำนวน 21 การทดลอง สำหรับโรงเรียนที่ยังขาดอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือในการทดลอง ผู้เรียนสามารถใช้ ห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนจริงได้ทั้งระบบออนไลน์โดยใช้โปรแกรม Moodle เป็นระบบจัดการให้เป็น E-Learning

พัชรินทร์ ศรีพล และ นพมณี เชื้อวัชรินทร์ (2556) ได้ศึกษาศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลกันยานุกูลแสนสุข ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2555 จำนวน 45 คน เนื้อหาที่ใช้สอน เรื่อง พอลิเมอร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบ วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70 และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ที่ได้รับการสอนโดยใช้รูปแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการเรียนแบบร่วมมือเทคนิค STAD หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อีกทั้งยังส่งในทางบวกในด้านเจตคติของนักเรียน

พรนภา อาจสว่าง (2558) ได้ทำการพัฒนาห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนจริง เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ้านนา “นายกพิทยากร” 1 ห้องเรียน จำนวน 45 คน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ได้แก่ 1) ห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนเรื่อง สมบัติของธาตุและสารประกอบ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า ผลการหาประสิทธิภาพของห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนจริง เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีค่าเท่ากับ 84.22/81.33 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ และผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนจริง เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยห้องปฏิบัติการเคมีเสมือนจริง เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

มิ่งมุก สุทธิกิตติพงษ์ (2563) ได้ศึกษาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติของสาร ของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) รูปแบบการวิจัยเป็นวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดำเนินเป็นวงจรต่อเนื่องกัน 4 วงจรปฏิบัติการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 50

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนอยู่ในระดับพอใช้ ภายหลังจากจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E) ทั้ง 4 แผนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 59.08 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือตั้งแต่ร้อยละ 50 ขึ้นไป จัดอยู่ในระดับดี และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Fans (2006) ได้ศึกษาการเรียนการสอนด้วยห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ใช้งานบนระบบเครือข่ายไร้สาย สรุปผลได้ว่า จากการที่ได้ นำไปทดลองใช้ใน แต่ละห้องปฏิบัติการในมหาวิทยาลัยจิลิน พบว่า การเรียนการสอนด้วย ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตนั้นประสบความสำเร็จ และมีประสิทธิภาพที่สูง

Cengiz (2010) ได้ทำการศึกษาผลของห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ และเจตคติของนักเรียนในวิชาเคมี โดยในงานวิจัยนี้ใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงในการกระตุ้น ความสนใจ และเพื่อทดแทนห้องปฏิบัติการจริงที่มีอุปกรณ์ไม่เพียงพอต่อการศึกษาในประเทศตุรกี ซึ่ง ครอบคลุมเนื้อหาในเรื่อง การแยกสาร โดยงานวิจัยครั้งนี้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลองมีการ ทดสอบก่อนและทดสอบหลัง ซึ่งผลปรากฏว่าการนำห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเข้ามาใช้ มีผล ต่อการเพิ่มขึ้นของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีผลต่อเจตคติของนักเรียนกลุ่มดังกล่าว โดยมี ข้อเสนอแนะว่าความกระตือรือร้นของนักเรียนในการเข้าร่วมกิจกรรมการเรียนรู้มีบทบาทสำคัญเพื่อ นำไปสู่การเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ แม้ว่าการสอนด้วยภาพจำลองจะพัฒนาโดยเทคโนโลยี คอมพิวเตอร์จะส่งผลดีต่อความสำเร็จของนักเรียนในหัวข้อและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ ควร ตระหนักไว้เสมอว่าการใช้การจำลองเพียงอย่างเดียวไม่สามารถแก้ปัญหาใดๆได้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ดี ขึ้นจากการศึกษาการจำลองต้องได้รับการสนับสนุนด้วยวิธีการสอนและซอฟต์แวร์ที่เหมาะสม เกี่ยวข้องกับหัวข้อและแนวคิดที่จะสอนในชั้นเรียน

Herka and Dynevski (2012) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้ของนักเรียนโดยใช้ห้องปฏิบัติการ ทดลองเสมือนจริงในวิชาเคมี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 7 จำนวน 38 คน ซึ่งได้มาจากการเลือก แบบเจาะจง โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง (Experimental Group-EG) และ กลุ่มควบคุม (Control Group-CG) โดยกลุ่มทดลองจะได้รับการเรียนการสอนโดยใช้ ห้องปฏิบัติการ ทดลองเสมือนจริงด้วยโปรแกรม Crocodile Clips Chemistry ส่วนกลุ่มควบคุมจะได้รับการเรียน การสอนแบบปกติ สรุปได้ว่า จากการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มจากคะแนนรวมก่อน เรียนและหลังเรียนผลปรากฏว่าผลการเรียนก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ไม่ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ในระดับความรู้ที่นักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่ม



ควบคุมมีความรู้ไม่แตกต่างกัน ในระดับความเข้าใจนักเรียนกลุ่มทดลองมีความเข้าใจสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และในระดับการนำไปประยุกต์ใช้สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Senol and Ozyalcin (2017) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์และเจตคติในการเรียนวิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมี โดยในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้รูปแบบการวิจัยแบบกึ่งทดลอง ซึ่งเปรียบเทียบเทียบระหว่างกลุ่มทดลองที่ใช้การสอนแบบสืบเสาะ 5 ขั้น กับกลุ่มเปรียบเทียบที่ใช้การสอนแบบบรรยาย โดยใช้ผู้สอนคนเดียวกัน จากผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้น มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่องสมดุลเคมีมากขึ้น เมื่อเทียบกับกิจกรรมการสอนแบบบรรยาย นอกจากนี้ ผลการศึกษายังพบว่าไม่มีความแตกต่างระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมในด้านเจตคติต่อวิชาเคมี

Tina (2020) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีร่วมกับรูปแบบกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยใช้ในการสอนวิชาเคมีกับนักเรียนชั้นมัธยมตอนปลายผ่านการสอนแบบออนไลน์เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 โดยในงานวิจัยนี้มีการสร้างวิดีโอแบบโต้ตอบกับนักเรียน การประยุกต์เกมส์เข้ากับกิจกรรมการเรียนรู้ มีการสร้างสถานการณ์จำลองพร้อมทั้งการประเมินผ่านระบบออนไลน์เพื่อแทรกลงไปในช่วงตอนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าการผสมผสานเครื่องมือเทคโนโลยีกับกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะ 5 ขั้นผ่านระบบออนไลน์ นั้นสามารถใช้งานได้จริง สิ่งที่ต้องระวังคือควรจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางและควรวางแผนกิจกรรมการเรียนรู้กับการใช้เครื่องมือเทคโนโลยีในแต่ละขั้นให้เหมาะสมและสอดคล้อง

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการจัดการ เรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ส่งเสริมต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน อีกทั้งการนำห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเข้ามาช่วยจะทำให้นักเรียนสามารถเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสารการทำปฏิกิริยาระดับอนุภาค ของสารเคมีได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ดังนั้นการนำรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มาใช้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงจึงเป็นแนวทางการสอนที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นวิธีการจัดการเรียน การสอนที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญและส่งเสริมให้นักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงของสารหรือปรากฏการณ์ผ่านการค้นคว้า ตรวจสอบโดยการทดลองจากสถานการณ์จำลอง ห้องปฏิบัติการทดลองที่สร้างขึ้นผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

## กรอบแนวคิดของงานวิจัย

### การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ประกอบด้วย 5

ขั้นตอน

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)

### ห้องปฏิบัติการเสมือนจริง (Virtual Laboratory) อุปกรณ์ที่

สามารถสร้างสถานการณ์จำลองและสร้างการทดลองได้เหมือน

ห้องปฏิบัติการจริง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้

และส่งเสริมการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

- ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
- ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยแบบก่อนการทดลอง (Pre Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรคำ, 2552)

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล
3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### 1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ทั่วไปโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่กำลังเรียนวิชาเคมี3 ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 4ห้อง ทั้งหมด 135 คน

1.2 การสุ่มตัวอย่างในงานวิจัย ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคามทั่วไปที่กำลังเรียนวิชาเคมี ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 ได้มาโดยการสุ่มแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster Random Sampling) ด้วยการใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม 1 ห้องเรียน ได้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 33 คน

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ครอบคลุมเนื้อหาวิชาเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 6 ผลการเรียนรู้ 10 แผนการจัดการเรียนรู้ ทั้งหมด 12 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ความหมายและประเภทของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 พลังงานและการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ผลของตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 ผลของตัวเร่งกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.2 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นลักษณะข้อสอบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ

2.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 25 ข้อ

## 3. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ซึ่งครอบคลุมเนื้อหาวิชาเคมีเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 10 แผนการจัดการเรียนรู้ รวม 12 ชั่วโมง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพของเครื่องมือโดยมีรายละเอียดตามขั้นตอนดังนี้

3.1.1 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี3 และคู่มือครู

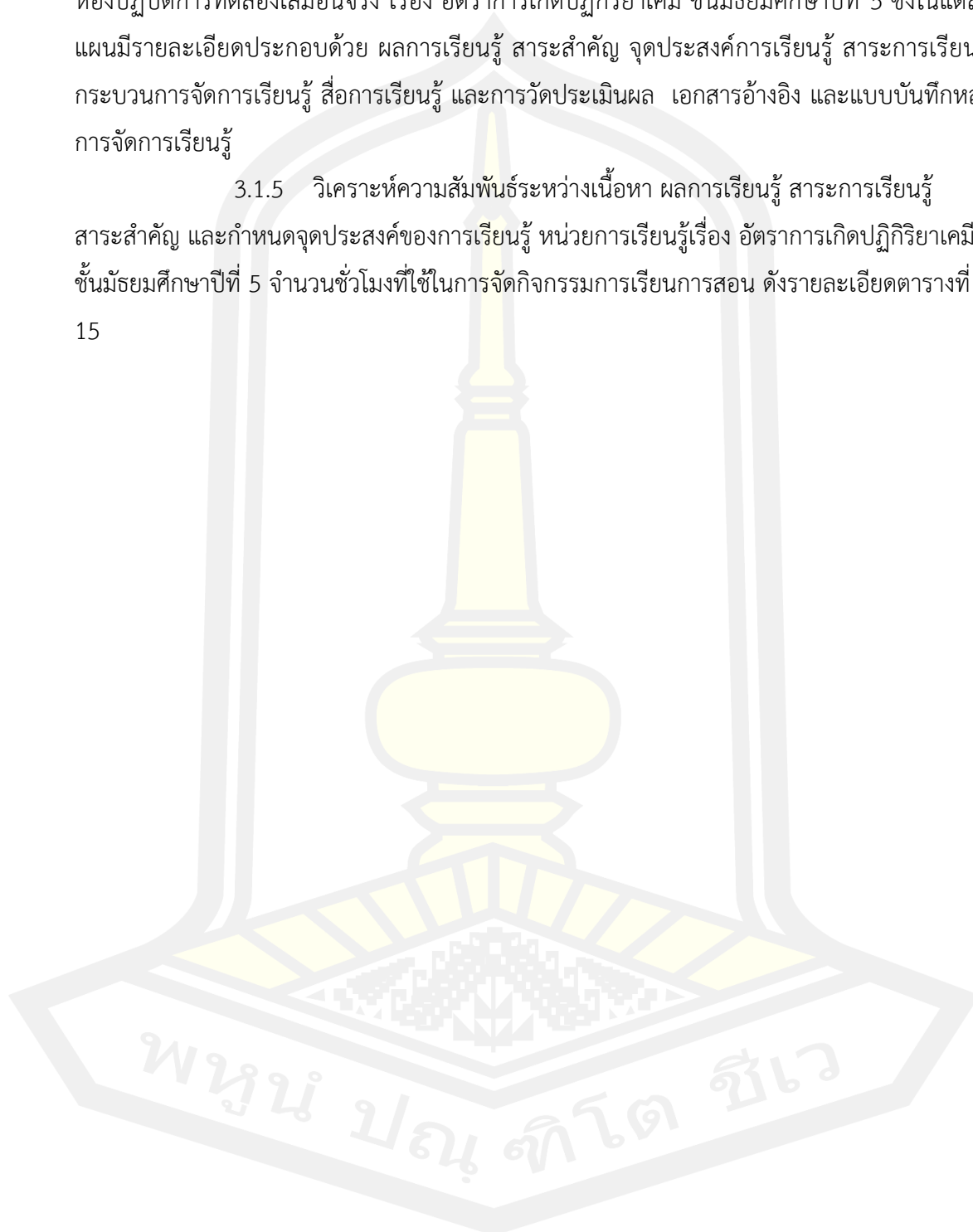
3.1.2 ศึกษาขั้นตอนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง และศึกษาเอกสาร หนังสือ ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และ ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

3.1.3 ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีผ่านระบบการสอนออนไลน์

3.1.4 กำหนดรูปแบบของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งในแต่ละแผนมีรายละเอียดประกอบด้วย ผลการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กระบวนการจัดการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล เอกสารอ้างอิง และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

3.1.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ และกำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ดังรายละเอียดตารางที่

15



ตารางที่ 14 แสดงการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กับสาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลา

แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
1	11. สามารถ บอก ความหมายของ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมีได้	ความหมาย ของอัตรา การ เกิดปฏิกิริยา เคมี	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณ ของสารในช่วงเวลาใด ๆ ที่กำหนด รวมถึงอัตราการ เปลี่ยนแปลงปริมาณของสารตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดปฏิกิริยา ด้วย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรืออาจเรียกลักษณะอื่น ๆ ว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยา	Yenka	ใช้โปรแกรม yenka ทดลอง อัตราการเกิดปฏิกิริยาและแสดง กราฟเพื่อลงข้อสรุป ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 ของการสอน	1
2	11. สามารถ บอก ความหมายของ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมีได้	อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมี	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย คือ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาที่คิดจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณสาร ตั้งต้นที่ลดลง หรือการเปลี่ยนแปลงปริมาณสาร ผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่เริ่มต้นปฏิกิริยาจนถึงสิ้นสุด การเกิดปฏิกิริยา	Yenka	ใช้โปรแกรม yenka ทดลองใน ขั้นตอนที่ 2	2

แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
			หรือสิ้นสุดการทดลองในหนึ่งหน่วยเวลา มีได้ค่า เดียว			
			2. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คำนวณจากการ เปลี่ยนแปลงปริมาณสารในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง			
			3. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่งของเวลา คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่คิดจากการเปลี่ยนแปลง ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง หรือการเปลี่ยนแปลง ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง ในช่วงสั้นๆ			
3	12. สามารถ คำนวณหา อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมีได้	คำนวณ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมี	การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังสมการ อัตราการเกิดปฏิกิริยา = ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง/ ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา หรือ = ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น/ ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา	Yenka	ใช้โปรแกรม yenka ทดลอง อัตราการเกิดปฏิกิริยาและแสดง กราฟเพื่อลงข้อสรุป ในขั้นตอนที่ 2 และ 3 ของการสอน	1

แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
4	13. แปลความหมายจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีได้	แนวคิดเกี่ยวกับกา เกิดปฏิกิริยา เคมี	การเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่กับปัจจัยดังนี้ 1. อุณหภูมิของสารตั้งต้นต้องชนกัน 2. การชนนั้นต้องมีทิศทางที่เหมาะสม 3. อุณหภูมิของสารที่ชนกันต้องมีพลังงานที่เกิดจากการชนมากกว่าหรือเท่ากับพลังงานก่อนที่ชนกัน	PHET	ใช้โปรแกรม PhET แสดงการเข้าทำปฏิกิริยาของโมเลกุลสารในชั้นตอนที่ 2 และ 3 ของการสอน	2
5	14. สามารถอธิบายกลไกของปฏิกิริยาและพลังงานก่อนกัมมันต์กับปฏิกิริยาเคมีที่มีหลายขั้นตอนได้	พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	สารที่เป็นผลิตภัณฑ์มีพลังงานต่ำกว่าสารตั้งต้น ปฏิกิริยานั้นจะเป็นประเภทคายพลังงาน แต่ถ้าสารที่เป็นผลิตภัณฑ์มีพลังงานสูงกว่าตั้งต้น ปฏิกิริยานั้นจะเป็นประเภทดูดพลังงาน การดำเนินไปของปฏิกิริยาในแง่ของพลังงานของโมเลกุลเมื่อโมเลกุลของมาชนกันจนกระทั่งกลายเป็นผลิตภัณฑ์สามารถแสดงให้เห็นได้โดยอาศัยกราฟซึ่งจะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานของสารตั้งต้นพลังงานก่อนกัมมันต์ของปฏิกิริยา และพลังงานของผลิตภัณฑ์	PHET	ใช้โปรแกรม PhET แสดงการเข้าทำปฏิกิริยาของโมเลกุลสารและกราฟการเกิดปฏิกิริยาในชั้นตอนที่ 2 และ 3 ของการสอน	1



แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
6	15. สามารถอธิบายปัจจัยต่างๆที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ 16. สามารถใช้ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงพลังงานในปฏิกิริยาเคมีอธิบายผลของความเข้มข้น	ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	<p>การเพิ่มหรือลดความเข้มข้นของ สารตั้งต้น มีความสัมพันธ์กับการ เพิ่มหรือลดจำนวนอนุภาคของสาร ตั้งต้น ในระบบ ดังนั้น ในกรณีของ</p> <p>การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นทำให้จำนวนอนุภาคในระบบเพิ่มขึ้น โอกาสที่อนุภาคของสารจะเกิดการชนกันจึงมีมากขึ้นและอนุภาคที่มีพลังงานจลน์สูงก็มีจำนวนมากขึ้นด้วย จึงมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีค่าสูง</p>	Yenka	ใช้โปรแกรม yenka เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างการทดลอง ในชั้นตอนที่ 1 และ 2	2
7	อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา	พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	<p>พื้นที่ผิวของสารตั้งต้นจะมีอิทธิพลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ต่อเมื่อปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นนั้น เป็นปฏิกิริยาเคมีแบบเนื้อผสมที่มีสารตั้ง</p>	Yenka	ใช้โปรแกรม yenka เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างการทดลอง ในชั้นตอนที่ 1 และ 2	1

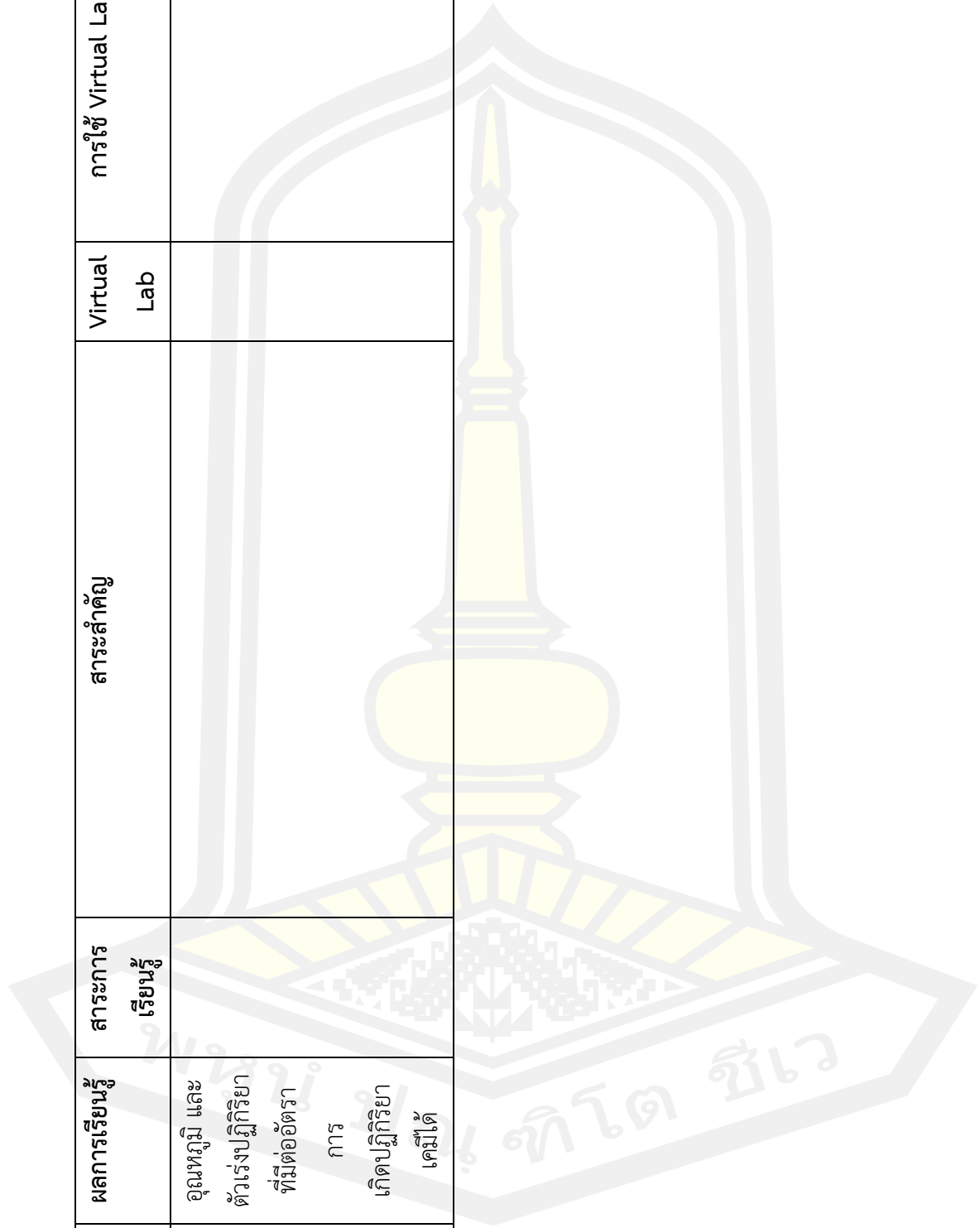
แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
	<p>เกิดปฏิบัติการ เคมีได้</p> <p>15. สามารถ อธิบายปัจจัย ต่างๆที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาได้</p> <p>16. สามารถใช้ ความรู้เรื่องการ เปลี่ยนแปลง พลังงานใน ปฏิกิริยาเคมี อธิบายผลของ ความเข้มข้น อุณหภูมิ และ ตัวเร่งปฏิกิริยา</p>	<p>การ เรียนรู้</p>	<p>ต้นเป็นของแข็งรวมอยู่ด้วย ซึ่งของแข็งแต่ละชนิดที่มีมวล เท่ากัน เมื่อเป็นผงละเอียดจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าเป็นก้อนหรือ เม็ด ซึ่งการเพิ่มพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นเป็นการเพิ่มโอกาสใน การชนกัน และทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของพื้นที่ผิวของ สารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p>			

แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
8	15. สามารถอธิบายปัจจัยต่างๆที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 16. สามารถใช้ความรู้เรื่องการเปลี่ยนแปลงพลังงานในปฏิกิริยาเคมีอธิบายผลของความเข้มข้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยา	อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	<p>ที่อุณหภูมิสูงปฏิกิริยาเคมีเกิดได้เร็วกว่าที่อุณหภูมิต่ำแสดงว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <p>กล่าวคือเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อ อุณหภูมิลดลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่าน้อยลง ตามทฤษฎีจลน์ อธิบายได้ว่า เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น โมเลกุลของแก๊สจะเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น จึงมีโอกาที่ที่จะชนกันมากขึ้น ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงสูงขึ้นและทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิของสารที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p>	Yenka	ใช้โปรแกรม yenka เพื่อนำเข้าสู่บทเรียนและสร้างการทดลอง ในชั้นตอนที่ 1 และ 2	2

แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
9	<p>เคมีได้มีต่อ อัตราการ</p> <p>เกิดปฏิกิริยา เคมีได้</p> <p>15. สามารถ อธิบายปัจจัย ต่างๆที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาได้</p> <p>16. สามารถใช้ ความรู้เรื่องการ เปลี่ยนแปลง พลังงานใน ปฏิกิริยาเคมี อธิบายผลของ ความเข้มข้น อุณหภูมิ และ</p>	<p>ผลของตัว หน่วงกับ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมี</p>	<p><b>ตัวหน่วงปฏิกิริยา</b> เป็นสารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาโดยที่สาร เหล่านี้จะไม่ส่งผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยา แต่จะมี ผลไปเพิ่มค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา จึงทำให้สาร เกิดปฏิกิริยาได้ยากขึ้นหรือมีผลยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาแล้ว ตัวหน่วงจะมีมวลเท่าเดิม แต่อาจมีสมบัติทางกายภาพบางอย่าง เปลี่ยนแปลงไป เช่น มีขนาด หรือรูปร่างเปลี่ยนแปลงไป</p>	Yenka	ใช้โปรแกรม yenka เพื่อนำเข้าสู่ บทเรียนและสร้างการทดลอง ใน ชั้นตอนที่ 1 และ 2	1

แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
10	<p>ตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตรา การ เกิดปฏิกิริยา เคมีได้</p> <p>15. สามารถอธิบายปัจจัย ต่างๆที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาได้</p> <p>16. สามารถใช้ ความรู้เรื่องการ เปลี่ยนแปลง พลังงานใน ปฏิกิริยาเคมี อธิบายผลของ ความเข้มข้น</p>	<p>ผลของ ตัวเร่งกับ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมี</p>	<p><b>ตัวเร่งปฏิกิริยา</b> เป็นสารที่เติมลงไปเ็นปฏิกิริยาโดยสาร เหล่านี้จะไม่ผลต่อการเกิดผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาทำให้ ปฏิกิริยาแต่จะมีผลไปลดค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา ทำให้ปฏิกิริยานั้นเกิดได้ง่ายมากขึ้น และหลังจากการ เกิดปฏิกิริยาแล้ว ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ใส่ลงไปจะยังคงมีสมบัติ เหมือนเดิม</p>	Yenka	ใช้โปรแกรม yenka เพื่อนำเข้าสู่ บทเรียนและสร้างการทดลอง ใน ขั้นตอนที่ 1 และ 2	2

แผน ที่	ผลการเรียนรู้	สาระการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	Virtual Lab	การใช้ Virtual Lab	เวลา (ชม.)
	<p>อุณหภูมิ และ ตัวเร่งปฏิกิริยา ที่มีต่ออัตรา การ เกิดปฏิกิริยา เคมีได้</p>					



3.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ให้สอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ผู้วิจัยได้ออกแบบไว้

3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นเสนอที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องขององค์ประกอบแต่ละส่วนของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

3.1.7 ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับขั้นตอนในการดำเนินกิจกรรมให้มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์เฉพาะ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมมากขึ้นในการเฉลยแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบ

3.1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการตรวจสอบจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้ว พร้อมแบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อพิจารณาตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหาและกิจกรรม ความถูกต้องของ ความเหมาะสมของเวลา และความเที่ยงตรงของเนื้อหา ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ประกอบด้วย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สีพาย ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

3. นางกนกวรรณ รัตนพลแสน อาจารย์สอน เคมี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

4. นางสาว จริญญาลักษณ์ วรโคตร การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียน สารคามพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 จังหวัดมหาสารคาม

5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานิตย์ อาษานอก การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา) หัวหน้าภาควิชา เทคโนโลยีสื่อสารและการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

3.1.9 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านให้เหมาะสม ได้แก่ การจัดกิจกรรมให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ และ เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมมากขึ้น

3.1.10 ตรวจสอบคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้โดยนำผลการประเมิน จากผู้เชี่ยวชาญการมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ซึ่งมี 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) และเปรียบเทียบเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงคะแนน 4.82 - 4.96 ซึ่งหมายถึงแผนการจัดการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีความเหมาะสมมากที่สุด

3.1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจแล้ว นำไปปรับปรุงตามข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากนั้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ ดังนี้ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เพิ่มสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนได้เป็นผู้ออกแบบ คิดวิธีการแก้ไข และหาคำตอบ ปรับกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเฉลยแบบฝึกหัดหรือแบบทดสอบมากขึ้น

3.1.12 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งกำลังศึกษาอยู่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2564 จำนวน 33 คน จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อหาคุณภาพความเหมาะสมด้านเวลา กิจกรรม สื่อการเรียนรู้ จากนั้นนำข้อบกพร่องมาแก้ไข แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบอีกครั้ง

3.1.13 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทดลองใช้แล้ว มาปรับปรุงแก้ไข ดังนี้ ปรับระยะเวลาในการเฉลยแบบฝึกหัดและแบบทดสอบให้กระชับมากขึ้น และปรับเนื้อหาที่ใช้สอนให้เหมาะสม แล้วจัดพิมพ์ฉบับสมบูรณ์ และนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการประเมินและตรวจสอบแล้วไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 33 คน ต่อไป



3.2 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบ  
อัตนัย 8 ข้อ วัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 ด้าน ดำเนินการสร้างตาม  
ขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ  
ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พร้อมทั้งแนวทางการสร้างแบบทดสอบออนไลน์

3.2.2 วิเคราะห์คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหาเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา  
เคมี แล้วออกแบบกรอบเนื้อหาที่สอน โดยในการคัดเลือกสาระเพื่อที่จะสร้างแบบทดสอบนั้น ผู้วิจัย  
พิจารณาจากสาระที่เหมาะสมกับกลวิธีที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนที่นักเรียนต้องมีการระบุ  
หลักฐานและเหตุผลสนับสนุนคำตอบของแต่ละกิจกรรม ดังตารางที่ 15

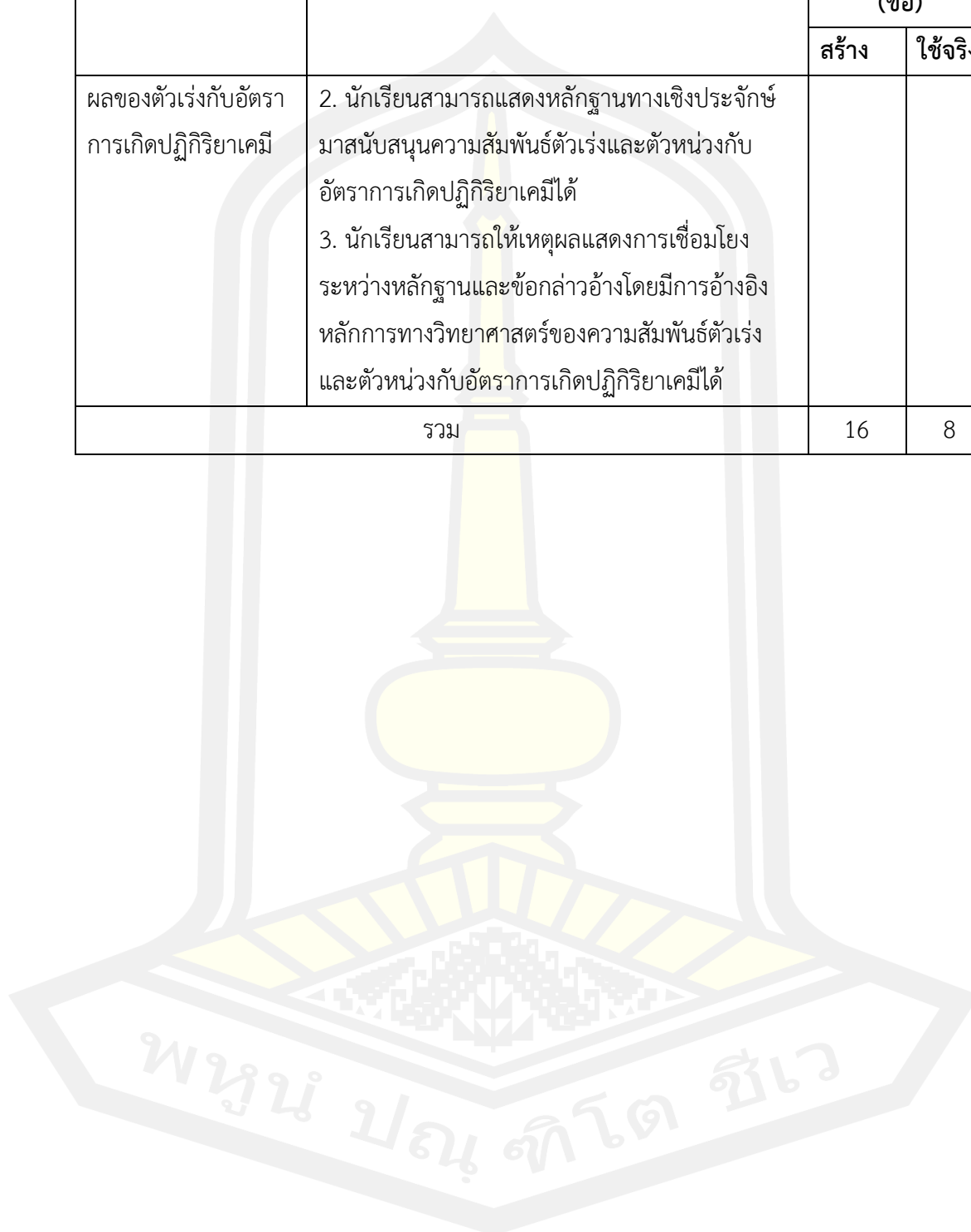
ตารางที่ 15 แสดงการวิเคราะห์และการกำหนดจำนวนข้อสอบที่ต้องการให้สอดคล้องกับเนื้อหา และ  
จุดประสงค์การเรียนรู้ การจัดการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับ  
ห้องปฏิบัติการเสมือนจริงที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
อัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบ ว่าเกี่ยวกับประเภทอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์ มาสนับสนุนเกี่ยวกับประเภทของอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยง ระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิง หลักการทางวิทยาศาสตร์ได้	2	1
คำนวณอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบ เปรียบเทียบความเร็วของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์ มาสนับสนุนเพื่อเปรียบเทียบความเร็วของอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีได้	2	1

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
	3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้		
แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่าเหตุใดสารที่นักเรียนระบุข้อกล่าวอ้างนั้นจึงสามารถเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	2	1
พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบเพื่อเปรียบเทียบประเภทของปฏิกิริยาเคมี(ดูดหรือคาย)ได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนการเปรียบเทียบปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงานได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ว่าเหตุใดพลังงานหลังเกิดปฏิกิริยาของแต่ละปฏิกิริยาจึงแตกต่างกันได้	2	1
ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบความสัมพันธ์ความเข้มข้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนความสัมพันธ์ความเข้มข้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	2	1

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
	3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ของความสัมพันธ์ความเข้มข้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้		
พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบความสัมพันธ์พื้นที่ผิวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนความสัมพันธ์พื้นที่ผิวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ของความสัมพันธ์พื้นที่ผิวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	2	1
อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลของตัวหน่วงกับ	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบความสัมพันธ์อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนความสัมพันธ์อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ของความสัมพันธ์อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	2	1
ผลของตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. นักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างหรือข้อคำตอบความสัมพันธ์ตัวเร่งและตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	2	

เนื้อหา	ผลการเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)	
		สร้าง	ใช้จริง
ผลของตัวเร่งกับอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	<p>2. นักเรียนสามารถแสดงหลักฐานทางเชิงประจักษ์มาสนับสนุนความสัมพันธ์ตัวเร่งและตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้</p> <p>3. นักเรียนสามารถให้เหตุผลแสดงการเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและข้อกล่าวอ้างโดยมีการอ้างอิงหลักการทางวิทยาศาสตร์ของความสัมพันธ์ตัวเร่งและตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้</p>		
รวม		16	8



3.2.3 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เป็น ข้อสอบลักษณะเขียนอธิบายคำตอบทั้งหมด 16 ข้อ ใช้จริงจำนวน 8 ข้อ โดยในแต่ละข้อประกอบด้วยสถานการณ์ ข้อมูล ประกอบ ได้แก่ ตารางและแผนภาพ และข้อคำถามเพื่อให้ นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งใช้เกณฑ์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามเกณฑ์ การประเมินของ McNeill and Krajcik (2014) ดังที่แสดงในหน้าที่ 51

3.2.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณา ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมของแบบทดสอบกับพฤติกรรมที่ชี้วัดถึงการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์

3.2.5 ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ปรับปรุงสถานการณ์ให้เหมาะสมเพื่อให้นักเรียนมีข้อมูลที่เพียงพอในการตอบคำถาม และปรับปรุง เกณฑ์การให้คะแนนให้สอดคล้องกับข้อคำถาม

3.2.6 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์พร้อม เกณฑ์การประเมินและเกณฑ์การแปลผลที่ปรับปรุง เสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (นวัตกรรม หลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สีพาย ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและ ประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ

3. นางกนกวรรณ รัตนพลแสน อาจารย์สอน เคมี โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

4. นางสาว จริญญาลักษณ์ วรโคตร การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการ เรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียน สารคามพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 จังหวัดมหาสารคาม

5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานิตย์ อาษานอก การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา) หัวหน้าภาควิชา เทคโนโลยีสื่อสารและการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้าน ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง

3.2.7 ปรับปรุงและแก้ไขแบบทดสอบที่สร้างขึ้นและเกณฑ์ตามคำแนะนำของ ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านได้แก่ การใช้คำถามให้ชัดเจน ให้เหมาะสมและประเมินคุณภาพและความ ถูกต้อง โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การประเมินนำผลการประเมินของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของข้อสอบกับพฤติกรรมที่ชี้วัดถึงการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ แบบทดสอบมีดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.80-1.00 สามารถนำแบบวัดไปใช้ได้

3.2.8 ตรวจสอบคุณภาพของเกณฑ์การสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นำผลการประเมิน จากผู้เชี่ยวชาญการมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ซึ่งมี 5 ระดับ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) และเปรียบเทียบเกณฑ์ในการแปลความหมายค่าเฉลี่ย ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

โดยพิจารณาระดับความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไปถือว่าเป็นเกณฑ์ที่มีคุณภาพและความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้ ผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วงคะแนน 4.60 – 5.00 ซึ่งหมายถึงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้นมีความเหมาะสมมาก

3.2.9 นำแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ ได้แก่ ปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ในแต่ละข้อให้มีความชัดเจนมากยิ่งขึ้น แล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง

3.2.10 นำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้ว พิมพ์เป็นแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แล้วนำไปทดลอง (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จำนวน 33 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความง่ายและค่าของแบบทดสอบ

3.2.11 นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) เป็นรายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยาก ตั้งแต่ 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปไว้ใช้



เนื้อหา	จุดประสงค์	พฤติกรรมการเรียนรู้										
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์		รวม		
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	
การคำนวณ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมี	นักเรียนสามารถอธิบาย ความสัมพันธ์สมการอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	3	2	-	-	-	-	-	-	-	3	2
แนวคิด เกี่ยวกับอัตรา การ เกิดปฏิกิริยา เคมี	นักเรียนสามารถอธิบาย แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีได้	2	2	-	-	-	-	-	-	-	2	2
พลังงานและ การดำเนินไป ของอัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมี	นักเรียนสามารถทำนาย ประเภทของการ เกิดปฏิกิริยาเคมีได้	3	2	-	-	-	-	-	-	-	3	2
ความเข้มข้น ของสารกับ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมี	นักเรียนอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นกับอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	-	-	-	2	2	2	2	2	4	4
พื้นที่ผิวของ สารกับอัตรา การ	นักเรียนสามารถอธิบาย ความสัมพันธ์ระหว่าง พื้นที่ผิวของสารกับอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	-	2	2	2	1	-	-	-	4	3



เนื้อหา	จุดประสงค์	พฤติกรรมการเรียนรู้										
		จำ		เข้าใจ		ประยุกต์ใช้		วิเคราะห์		รวม		
		สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ได้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	สร้าง	ใช้จริง	
เกิดปฏิกิริยาเคมี												
อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	4	4	-	-	-	-	-	-	4	4	
ผลของตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	นักเรียนสามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	-	-	2	2	-	-	-	-	2	2	
ผลของตัวเร่งกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	นักเรียนบอกประโยชน์ของตัวเร่งได้	-	-	2	2	-	-	-	-	2	2	
รวมแต่ละระดับ		1	1	4	4	4	2	2	2	30	25	
		5	2									

3.3.4 สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกทั้งหมด 30 ข้อ ต้องการใช้จริง จำนวน 25 ข้อ ตามที่กำหนดไว้

3.3.5 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ของแบบทดสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ แล้วนำแบบทดสอบมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก้ปรับข้อคำถามให้เหมาะสมกับพุทธิพิสัยที่ต้องการวัด และปรับข้อคำถามของแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.6 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีที่สร้างขึ้นพร้อมแบบประเมินเสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งเป็นคณะกรรมการชุดเดียวกันกับการประเมินแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้หลักเกณฑ์ในการพิจารณาให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ตรงตามจุดประสงค์

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นวัดได้ไม่ตรงตามจุดประสงค์

3.3.7 นำแบบทดสอบที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำให้เหมาะสม

3.3.8 นำผลการประเมินที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีกับจุดประสงค์ของพฤติกรรมกรเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านค่าดัชนีความสอดคล้องหรือค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ถึง 1.00 ไว้ใช้ ผลปรากฏว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์กับจุดประสงค์ ของพฤติกรรมกรเรียนรู้ด้านพุทธิพิสัย อยู่ระหว่าง 0.80-1.00 สามารถนำไปใช้ได้

3.3.9 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีมาปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมอีกครั้ง จากนั้นนำแบบทดสอบที่ผ่านการตรวจสอบและแก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/7 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม) จำนวน 33 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพและปรับปรุงข้อที่ไม่เหมาะสม

3.3.10 นำผลการทดสอบมาหาคุณภาพของแบบทดสอบโดยหาค่าความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (B-index) เป็นรายข้อ เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากตั้งแต่

0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปถึงจะใช้ได้ (ปราณี หล้าเบ็ญสะ, 2559) ผลปรากฏว่า ข้อสอบที่คัดเลือกจำนวน 25 ข้อ มีค่าความยาก (P) อยู่ในช่วง 0.54 - 0.77 และค่าอำนาจจำแนก (B) อยู่ในช่วง 0.60 - 0.93

3.3.11 นำข้อสอบที่คัดเลือกไว้ จำนวน 25 ข้อ มาหาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้วิธีการ Lovett Method (ไพศาล วรคำ, 2562) ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา มีค่า เท่ากับ 0.91

3.3.12 นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาปรับปรุงแล้วจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

#### 4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

##### 4.1 แบบแผนการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้วิธีวิจัยแบบก่อนการทดลอง (Pre-Experimental Research) โดยใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบหลัง (One Group Posttest Only Design) (ไพศาล วรคำ, 2562) รายละเอียดดังตาราง

ตารางที่ 17 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Posttest Only Design

กลุ่ม	ทดสอบก่อน	สิ่งทดลอง	ทดสอบหลัง
E	-	X	O

จากแบบแผนการวิจัย สัญลักษณ์ที่ใช้

E หมายถึง กลุ่มทดลอง

X หมายถึง การจัดจัดรูปแบบการเรียนการสอนแบบ

สืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการเสมือนจริง

O หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

##### 4.2 วิธีการดำเนินการวิจัย

###### 4.2.1 ขั้นตอนเตรียมการนักเรียนก่อนดำเนินการสอน

4.2.1.1. เตรียมความพร้อมสำหรับกลุ่มทดลอง โดยการแนะนำวิชาเรียนชี้แจงจุดประสงค์ ของการเรียนการสอน แนะนำวิธีการจัดการเรียนการสอนและบทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงรวมถึงการสร้าง ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์ และการเขียนคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วย ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล

###### 4.2.2 ขั้นตอนดำเนินการทดลอง

4.2.2.1 ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่สร้างขึ้นจำนวน 10 แผนการเรียนรู้ จำนวน 12 ชั่วโมง โดยปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ ตามขั้นตอนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการเสมือนจริง เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

#### 4.2.3 ชั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

4.2.3.1 หลังจากดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้วจึงดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนรายบุคคล

4.2.3.2 เมื่อสิ้นสุดการทดลองสอนแล้วดำเนินการทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับกลุ่มตัวอย่างรายบุคคล ด้วยแบบทดสอบวัดการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ แบบอัตนัย จำนวน 8 ข้อ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี จำนวน 25 ข้อ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น

4.2.3.3 รวบรวมผลคะแนน เมื่อสิ้นสุดการทดลองสอนที่ได้จากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อนำคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติต่อไป

4.2.3.4 วิเคราะห์ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ปัญหา ข้อเสนอแนะต่าง ๆ และสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

### 5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1. วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการเสมือนจริง โดยวิเคราะห์ระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบของคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบ คือ ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล โดยใช้เกณฑ์ตามแนวคิดของ McNeill and Krajcik (2014) ซึ่งมีการแปลผลโดยการนำคะแนนรวมมาหาค่าเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก จากนั้นทำการแบ่งอันดับภาคชั้นตามหลักสถิติ และแปลผลออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี และระดับพอใช้ โดยการแบ่งอันดับภาคชั้นทำได้จาก (รพินทร์ ,2549)

$$\text{ความกว้างอันดับภาคชั้น} = \frac{\text{พิสัย}}{\text{จำนวนอันดับภาคชั้น}}$$

และได้ผลการแปลระดับดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 แสดงการแปลผลระดับความสามารถตามช่วงคะแนน

ระดับความสามารถ	ช่วงคะแนน
ระดับดีมาก	4.0-6.0
ระดับดี	2.0-3.9
ระดับพอใช้	0-1.9

5.2. วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการเสมือนจริงเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเทียบกับ เกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบสมมติฐาน One Samples t-test

## 6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลแยกเป็นประเด็นดังต่อไปนี้

### 6.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

#### 6.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้

1. หาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยการหาค่าเฉลี่ยคะแนนผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ (บุญชม ศรีสะอาด, 2560) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยคะแนนผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

ทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

#### 6.1.2 แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์แบบอิงกลุ่ม

1. หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validly) ของแบบทดสอบ โดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (ฉัตรศิริ ปิยวิมลสิทธิ์, 2541) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง  
 $\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ  
 ทั้งหมด  
 n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบความสามารถในการสร้าง  
 คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของ Whitney & Sabers (ฉัตรศิริ ปิยวิมลสิทธิ์, 2541)

$$p = \frac{S_H + S_L - (2N X_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ p แทน ค่าความยากง่ายของข้อสอบ  
 $S_H$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง  
 $S_L$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ  
 N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ  
 $X_{\max}$  แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น  
 $X_{\min}$  แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

3. การวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบความสามารถในการ  
 สร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์โดยใช้สูตรของ Whitney & Sabers (ฉัตรศิริ ปิยวิมลสิทธิ์, 2541)  
 ดังนี้

$$r = \frac{S_H - S_L}{N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ  
 $S_H$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มสูง  
 $S_L$  แทน เป็นผลรวมคะแนนในกลุ่มต่ำ  
 N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือต่ำ  
 $X_{\max}$  แทน คะแนนสูงสุดในข้อนั้น  
 $X_{\min}$  แทน คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น

4. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบ โดยวิธี  
 ของ Cronbach ในรูปสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) (ปราณี หล้าเบญญะ, 2559)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum s_i^2}{s^2} \right]$$

เมื่อ  $\alpha$  แทน ความเชื่อมั่นแบบสัมประสิทธิ์แอลฟา  
 $S_1^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนแต่ละข้อ  
 $S_t^2$  แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวม  
 $k$  แทน จำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ

6.1.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบอิงเกณฑ์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีดังนี้

1. หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Validity) ของแบบทดสอบโดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (ปราณี หล้าเบ็ญสะ, 2559) โดยใช้สูตร

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้อง  
 $\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ  
 $n$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2. การวิเคราะห์หาค่าความยากของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ปราณี หล้าเบ็ญสะ, 2559)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบ  
 $R$  แทน จำนวนคนตอบถูก  
 $N$  แทน จำนวนคนทั้งหมด

3. การหาค่าอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีของ Brennan โดยใช้สูตร ดังนี้ (ปราณี หล้าเบ็ญสะ, 2559)

$$r = \frac{R_H}{n_H} - \frac{R_L}{n_L}$$

เมื่อ  $r$  แทน ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ  
 $R_H$  แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์) ตอบถูก  
 $R_L$  แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

ตอบถูก

$N_H$  แทน จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)

$N_L$  แทน จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

4. การวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบอิงเกณฑ์ โดยใช้วิธีการของ Lovett Method (ไพศาล วรคำ, 2562) สามารถคำนวณได้โดยใช้สูตร

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x - \sum x^2}{(k-1) \sum (x-c)^2}$$

เมื่อ  $r_{cc}$  แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ  
 $x$  แทน คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน  
 $k$  แทน จำนวนข้อสอบทั้งหมด  
 $c$  แทน คะแนนเกณฑ์หรือจุดตัดของแบบทดสอบ

## 6.2 สถิติพื้นฐาน

ต่อไปนี้เป็น

6.2.1 ร้อยละ (Percentage) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ  $P$  แทน ร้อยละ  
 $F$  แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ  
 $N$  แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

ต่อไปนี้เป็น

6.2.2 ค่าเฉลี่ย (Mean) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยคำนวณจากสูตร

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

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ย  
 $\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด  
 $N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

6.3.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561) โดยคำนวณจากสูตรต่อไปนี้



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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X แทน คะแนนแต่ละตัว

N แทน จำนวนคนทั้งหมด

$\Sigma$  แทน ผลรวม

### 6.3 สถิติทดสอบสมมติฐาน

6.3.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน หลังจากได้รับการกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง กับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิติ One Sample t-test เป็นสถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย 1 กลุ่ม (ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน, 2561)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{S / \sqrt{n}}, df = n-1$$

เมื่อ t แทน ค่าสถิติทดสอบที่

$\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

$\mu$  แทน คะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มจาก

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พหุบัณฑิต ชีวะ

## บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความมุ่งหมายของการวิจัยดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้อยู่ในระดับดี 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามขั้นตอนการวิจัย โดยมีผลการวิจัยและการวิเคราะห์ข้อมูล นำเสนอเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อให้เข้าใจตรงกันดังนี้

t แทน ค่าสถิติทดสอบที่ แบบ One Sample

$\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่าง

df แทน ชั้นของความอิสระ

p แทน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ

$\mu_0$  แทน คะแนนร้อยละ 75 ของคะแนนเต็มจากแบบทดสอบ

### 2. ลำดับขั้นตอนในการเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง โดยวิเคราะห์ตามองค์ประกอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ คำกล่าวอ้าง หลักฐานและการให้เหตุผล

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

### 3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์วิเคราะห์ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง โดยจำแนกตามองค์ประกอบ

โดยผู้วิจัยได้หาคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ McNeil and Krajcik (2014) ซึ่งเป็นข้อสอบแบบปลายเปิด จำนวน 8 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง ซึ่งในแต่ละข้อจะประเมินความสามารถในการอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 3 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) ข้อกล่าวอ้าง 2) หลักฐาน และ 3) การให้เหตุผล ซึ่งแบ่งตามระดับความสามารถของแต่ละระดับออกเป็น 3 ระดับ คือ พอใช้ ดี และดีมาก จากนั้นหาค่าเฉลี่ยและร้อยละของผู้ที่ผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ได้ผลดังตารางที่ 19 และ ตารางที่ 20 แสดงคะแนนความสามารถการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตารางที่ 19 ตารางแสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์และการแปลผลระดับความสามารถ

คนที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์			คะแนนรวม (6)	ระดับ
	ข้อกล่าวอ้าง (2)	หลักฐาน (2)	การให้เหตุผล (2)		
1	1.25	1.25	1.13	3.63	ดี
2	1.50	1.00	1.00	3.5	ดี
3	1.38	1.25	1.00	3.63	ดี
4	1.50	1.38	1.13	4.01	ดีมาก
5	1.88	1.63	1.38	4.89	ดีมาก
6	1.63	1.00	1.00	3.63	ดี

คนที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์			คะแนนรวม (6)	ระดับ
	ข้อกล่าวอ้าง (2)	หลักฐาน (2)	การให้เหตุผล (2)		
7	1.38	1.00	1.00	3.38	ดี
8	1.38	1.13	1.00	3.51	ดี
9	1.13	1.00	1.00	3.13	ดี
10	1.75	1.25	1.38	4.38	ดีมาก
11	1.75	1.00	1.13	3.88	ดี
12	1.63	1.00	1.00	3.63	ดี
13	1.75	1.50	1.00	4.25	ดี
14	1.88	1.75	1.75	5.38	ดี
15	1.63	1.00	1.00	3.63	ดี
16	1.63	1.38	1.38	4.39	ดีมาก
17	2.00	2.00	1.50	5.5	ดี
18	1.38	1.00	1.00	3.38	ดี
19	1.50	1.25	1.25	4	ดีมาก
20	1.75	1.50	1.38	4.63	ดี
21	1.75	1.63	1.63	5.01	ดีมาก
22	1.50	1.38	1.13	4.01	ดีมาก
23	1.25	1.00	1.00	3.25	ดี
24	1.50	1.25	1.13	3.88	ดี
25	1.25	1.00	1.00	3.25	ดี
26	1.50	1.00	1.00	3.5	ดี
27	1.75	1.50	1.50	4.75	ดีมาก
28	1.25	1.00	1.00	3.25	ดี
29	1.75	1.25	1.25	4.25	ดีมาก
30	1.50	1.38	1.00	3.88	ดี
31	1.50	1.25	1.13	3.88	ดี
32	1.38	1.13	1.13	3.64	ดี

คนที่	คะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์			คะแนนรวม (6)	ระดับ
	ข้อกล่าวอ้าง (2)	หลักฐาน (2)	การให้เหตุผล (2)		
	33	1.63	1.38	1.38	
$\bar{X}$	1.55	1.25	1.17	3.97	ดี
S.D.	0.21	0.25	0.21	0.60	

จากตารางที่ 19 แสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบทั้งหมด 8 ข้อ โดยแบ่งตามองค์ประกอบจะเห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่าเฉลี่ยคะแนนด้านข้อกล่าวอ้างเท่ากับ 1.55 คะแนน ด้านหลักฐาน 1.25 คะแนน และการให้เหตุผล เท่ากับ 1.17 คะแนน โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.97 คะแนน ตารางที่ 20 ความถี่ของจำนวนคำตอบของนักเรียนในการประเมินระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ 8 ข้อ

องค์ประกอบ	ความถี่ของจำนวนคำตอบระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์					
	ระดับพอใช้ (0)		ระดับดี (1)		ระดับดีมาก (2)	
	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ	ความถี่	ร้อยละ
ข้อกล่าวอ้าง (Claim)	0.00	0.00	117	44.40	147	55.60
หลักฐาน (Evidence)	0.00	0.00	199	75.40	65	24.60
การให้เหตุผล (Reasoning)	0.00	0.00	219	81.80	45	18.20

จากตารางที่ 20 เมื่อจำแนกความถี่ของจำนวนคำตอบตามระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบดังตารางที่ 20 จะพบว่า

องค์ประกอบข้อกล่าวอ้าง ความถี่คำตอบของนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 55.60 อยู่ในระดับดีมาก ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้โดยพิจารณาจากข้อมูลประกอบสถานการณ์จากข้อมูลที่กำหนดให้ได้ โดยนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้ถูกต้องและเหมาะสม และอีกบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 44.40 อยู่ในระดับดีซึ่งกลุ่มนี้สามารถสร้างข้อกล่าวอ้างได้แต่อาจจะไม่เหมาะสมและถูกต้องสมบูรณ์

องค์ประกอบหลักฐานจะเห็นว่าความถี่ของคำตอบนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีคิดเป็นร้อยละ 75.40 ซึ่งจะเห็นว่านักเรียนสามารถนำข้อมูลจากสถานการณ์ที่กำหนดให้มาสร้างเป็นหลักฐานเพื่อสนับสนุนองค์ประกอบข้อกล่าวอ้างได้แต่ยังไม่ถูกต้องและสมบูรณ์ หรือเหมาะสม และความถี่ของคำตอบนักเรียนในส่วนที่เหลือร้อยละ 24.60 อยู่ในระดับดีมากซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้สามารถสร้างหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

องค์ประกอบการให้เหตุผล จะเห็นว่าในส่วนการให้เหตุผลจะเป็นองค์ประกอบที่มีความยากมากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ ซึ่งจะเห็นว่าความถี่ของคำตอบนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 81.80 อยู่ในระดับดีซึ่งนักเรียนกลุ่มนี้สามารถนำทฤษฎีหรือข้อมูลทางวิทยาศาสตร์มาเพื่อเชื่อมโยงข้อกล่าวอ้างและหลักฐานได้แต่ยังไม่ถูกต้องและสมบูรณ์ และความถี่ของคำตอบนักเรียนอีกบางส่วนคิดเป็นร้อยละ 18.20 อยู่ในระดับดีมากซึ่งถือว่านักเรียนกลุ่มนี้สามารถนำข้อมูล หลักการ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์มาเพื่อเชื่อมโยงหลักฐานและข้อกล่าวอ้างได้อย่างถูกต้องสมบูรณ์

จากคะแนนรวมแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ความถี่ของคำตอบนักเรียนส่วนใหญ่ มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี กล่าวคือนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์และสามารถระบุหลักฐานที่เหมาะสมแต่ยังไม่สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมทั้งสามารถระบุการให้เหตุผลที่เชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้แต่ยังไม่เป็นหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอ และความถี่ของคำตอบนักเรียนอีกบางส่วน มีความสามารถในการเขียนอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก กล่าวคือนักเรียนสามารถระบุข้อกล่าวอ้างที่ถูกต้องและสมบูรณ์และระบุหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างอย่างเหมาะสม รวมทั้งสามารถระบุการให้เหตุผลที่เป็นหลักการหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์เพื่อเชื่อมโยงหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างได้

3.2 ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง สติติ แบบปรนัย 4 ตัวเลือกจำนวน 25 ข้อ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One sample t-test ปรากฏดังตาราง

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงให้ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติ One Sample t-test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย (33คน)	% of mean	S.D.	$\mu_0$ (75%)	t	Df	p
25	20.76	83.04	3.13	19	1.69	32	0.00

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 21 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 20.76 คิดเป็นร้อยละ 83.04 และเมื่อทดสอบด้วย One Sample t-test พบว่ามีค่า p น้อยกว่า .05 แสดงว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังได้รับการจัดกิจกรรมการจัดการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับ ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สามารถสรุปผลได้ตามลำดับดังหัวข้อต่อไปนี้

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

#### 1. ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ด้วยการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้อยู่ในระดับดี

2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงกับเกณฑ์ร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม

#### 2. สรุปผล

ผู้วิจัยได้สรุปผลการวิจัยตามความมุ่งหมาย ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อยู่ในระดับพอใช้คิดเป็นร้อยละ 0.00 อยู่ในระดับดี ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 67.20 ของนักเรียนทั้งหมด และ นักเรียนร้อยละ 32.80 มีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก โดยค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เฉลี่ยเท่ากับ 31.79 โดยแบ่งออกเป็น คะแนนข้อกล่าวอ้างเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ด้านหลักฐาน 1.25 อยู่ในระดับดี และการให้เหตุผล เท่ากับ 1.17 อยู่ในระดับดี เมื่อรวมคะแนนและแปลผลระดับความสามารถปรากฏว่ามีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.97 จึงสรุปได้ว่านักเรียนมีระดับความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดี



2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงมีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าร้อยละ 75 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### 3. อภิปรายผล

จากผลการดำเนินงานวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเพื่อส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยอภิปรายผลได้ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้นร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ที่กระตุ้นความสนใจของผู้เรียน มีการใช้คำถามที่มีลักษณะเป็นคำตอบสั้นสั้นเพื่อทบทวนความรู้เดิมของผู้เรียนทำให้สามารถประเมินความรู้ความเข้าใจ ของผู้เรียนซึ่งนำมาซึ่งองค์ประกอบหนึ่งของการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์คือข้อกล่าวอ้าง สำหรับขั้นที่สองขั้นสำรวจและค้นหาและขั้นที่สามขั้นอธิบายและลงข้อสรุปถือเป็นขั้นตอนที่สำคัญที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ผ่านประสบการณ์ตรงและผู้สอนมีโอกาสได้ปลูกฝังให้ผู้เรียนตระหนักถึงความสำคัญในการใช้หลักฐานเชิงประจักษ์พยานในการลงข้อสรุปที่ได้จากการทำกิจกรรมผ่านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองในการเรียนวิชาเคมีซึ่งต้องมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง ถึงระดับจุลภาค โดยการนำห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงมาใช้จะทำให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นการเกิดปฏิกิริยาที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ในแบบรูปธรรมมากขึ้น และนำไปสู่การสร้างคำอธิบายโดยมีการเชื่อมโยงกับแนวคิดหรือทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ เชื่อมโยงความเป็นเหตุผลระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานของตนเอง โดยการวิเคราะห์การสร้างคำอธิบายร่วมกันในชั้นเรียน อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ใช้ความรู้จากการเรียนรู้ในสถานการณ์ใหม่ในชั้นขยายความรู้ ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งและครอบคลุมมากขึ้น ผู้วิจัยผู้วิจัยใช้การออกแบบกิจกรรมโดยให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้ผู้เรียนได้ร่วมกันวิเคราะห์สำรวจตรวจสอบเพื่อหาคำตอบทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ สอดคล้องการวิจัยของ ชัยวัฒน์ เชื้อมั่ง และวัลลภ คงนะ (2552) ได้ทำการศึกษาการเรียนวิชาเคมีที่เน้นให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติการทดลองทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ตรงและ Senol and Ozyalcin (2017) ที่ได้นำรูปแบบการเรียนการสอนดังกล่าวไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่เรียนวิทยาศาสตร์ พบว่า หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ชั้น และ การใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้นและสามารถนำความรู้ไปเพื่ออธิบาย

ปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นได้ นอกจากนี้รูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ใหม่ได้ด้วยตนเอง เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สืบเสาะหา ตรวจสอบ และค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของนักเรียนเอง นำมาสร้างเป็นคำอธิบายเพื่อตอบคำถามหรืออธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง และเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนานสามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2551) ซึ่งมีงานวิจัยกล่าวว่าการจัดกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ดีกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบรรยายทั่วไป อีกทั้งยังสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนให้ดีขึ้น โดยนักเรียนจะได้คำตอบหรือข้อสรุป (Claim) จากการสืบค้น ทดลอง ตรวจสอบ หาหลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence) เพื่อมาสนับสนุนข้อสรุปหรือคำตอบที่ได้ และหาเหตุผลประกอบ (Reasoning) เพื่อเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานและคำตอบ (สุทธิชาติ เปรมกมล, 2560) อย่างไรก็ตามจากตารางแสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อย่างไรก็ตาม จากตารางแสดงคะแนนความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่ามีคะแนนคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแบ่งออกเป็น 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ด้านข้อกล่าวอ้าง มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.55 คะแนน โดยนักเรียนที่มีคะแนนข้อกล่าวอ้างอยู่ในระดับดีคิดเป็นร้อยละ 67.20 และระดับดีมากร้อยละ 32.80 ของนักเรียนทั้งหมด ด้านหลักฐาน มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.25 คะแนนโดยนักเรียนที่มีคะแนนหลักฐานอยู่ในระดับดีคิดเป็นร้อยละ 75.40 และระดับดีมากร้อยละ 24.60 ของนักเรียนทั้งหมด และด้านการให้เหตุผล มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 1.17 คะแนน โดยนักเรียนที่มีคะแนนหลักฐานอยู่ในระดับดีคิดเป็นร้อยละ 81.80 และระดับดีมากร้อยละ 12.20 ของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งจะเห็นว่าคะแนนในส่วนของการให้เหตุผลมีคะแนนที่น้อยที่สุด และมีจำนวนนักเรียนที่อยู่ในเกณฑ์ดีมากน้อยที่สุด เนื่องจากนักเรียนสามารถตอบคำถามได้ถูกต้องโดยใช้ความรู้เดิมเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ และเมื่อพิจารณาลักษณะขององค์ประกอบข้อกล่าวอ้างพบว่า ข้อกล่าวอ้างเป็นลักษณะของการตอบคำถามด้วยข้อความที่กระชับหรือประโยคสั้น ๆ จึงเป็นองค์ประกอบที่ง่ายที่สุดต่อการตอบคำถามในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ (Ruiz-Primo, 2010) ส่งผลให้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนขององค์ประกอบนี้สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับหลักฐานและการให้เหตุผล สำหรับองค์ประกอบหลักฐานและการให้เหตุผล พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ได้สอดแทรกองค์ประกอบคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนรู้จักเลือกหลักฐานและให้เหตุผลที่มีความเหมาะสมมาอ้างอิงในการตอบ คำถามหรือสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าว

อ้างได้แต่นักเรียน บางส่วนที่ยังคงมีความยุ่งยากในการเลือกข้อมูลเพื่อนำมาใช้เป็นหลักฐานในการอ้างอิงและสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง รวมถึงการแสดงความเชื่อมโยงระหว่างหลักฐานกับข้อกล่าวอ้าง สอดคล้องกับที่ Metz (2000) กล่าวว่าไว้ว่าความรู้เดิมมีอิทธิพลต่อการให้เหตุผลของนักเรียน หากนักเรียนมีความรู้เดิมเกี่ยวกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นักเรียนก็จะสามารถสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ได้หรือสามารถเลือกหลักฐานมาใช้ในการสนับสนุนข้อกล่าวอ้างและให้เหตุผลที่เชื่อมโยงระหว่าง ข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีลักษณะเด่นคือ เป็นการจัดรูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) และเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการสืบเสาะหรือระหว่างการสืบเสาะมาอธิบายได้โดยใช้หลักฐาน และยังมีการใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ซึ่งมีความสำคัญมาก โดยเฉพาะวิชาเคมีที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ซับซ้อน เมื่อใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงในการจัดการเรียนรู้ จะทำให้คำอธิบายหรือปรากฏการณ์ที่เป็นนามธรรมกลายเป็นรูปธรรมมากขึ้น (Gilbert, 1999) นอกจากนี้การใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงในการจัดการเรียนรู้อย่างช่วยให้นักเรียนได้เชื่อมโยงแนวคิดพื้นฐานทางเคมีทั้ง 3 อย่าง ได้แก่ 1) การสังเกตและการวัดในระดับที่สามารถมองเห็นได้ 2) การใช้สัญลักษณ์ทางเคมีและสมการแสดงความสัมพันธ์ในเชิงคณิตศาสตร์ในการสื่อความหมาย และ 3) การทำนายปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับอะตอมโมเลกุลในระดับที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิชาเคมี จึงส่งผลให้นักเรียนเข้าใจแนวคิดทางเคมีได้ดีขึ้น ซึ่งในการทำการทดลองจริงอาจไม่สามารถเห็นลึกซึ่งถึงรายละเอียดโดยรวมทั้งหมดคือ ไม่สามารถเห็นถึงระดับอนุภาคได้ (Sub-Microscopic Level) แต่ในการทดลองเสมือนจริงสามารถทำได้เนื่องจากการทดลองเสมือนจริงเป็นการจำลองให้เสมือนกับการทำการทดลองจริงและมีการจำลองเพื่ออธิบายให้เห็นการเปลี่ยนแปลงถึงระดับอะตอม ทำให้สามารถมองเห็นในระดับอนุภาคได้ (Stone, 1993) จากการศึกษาเพิ่มเติมพบว่าในหลายปีที่ผ่านมาการใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงมีบทบาทเพิ่มมากขึ้นในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา สอดคล้องกับที่ Cengiz (2010) ที่กล่าวว่า การใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงจะช่วยให้นักเรียนได้ลงมือทดลองผ่านคอมพิวเตอร์และสถานการณ์จำลองทำให้มองเห็นถึงระดับโมเลกุลซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาในรูปแบบรูปธรรมมากขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างคำอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ หรือปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้และส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนนั้นสูงขึ้น ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้อย่างสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการ

เรียนของนักเรียนได้ สอดคล้องกับงานวิจัยพรรณา อาจสว่าง (2558) ที่ได้ทำการพัฒนาห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนด้วยห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่าอยู่ในระดับพึงพอใจมาก

#### 4. ข้อเสนอแนะ

##### 4.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

4.1.1 การจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ค่อนข้างใช้เวลาในการสอนมากกว่าการสอนแบบทั่วไป ครูผู้สอนควรวางแผนเวลาในการจัดการเรียนการสอนให้เหมาะสม

4.1.2 ครูผู้สอนควรพิจารณาเนื้อหาบทเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน จัดเรียงตามลำดับเนื้อหา และความเหมาะสมของเนื้อหาที่เหมาะสมกับการสร้างแบบจำลองประเภทต่าง ๆ และให้นักเรียนได้มีโอกาสในการเลือกใช้ และการใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงที่หลากหลายตามความเหมาะสม

4.1.3 ในตอนเริ่มต้นนักเรียนอาจไม่คุ้นเคย หรือไม่รู้จักห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง ครูผู้สอนจึงควรเตรียมความพร้อม เช่น อาจจะให้ให้นักเรียนได้ทดลองใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงก่อนเพื่อสร้างความคุ้นเคยและลดระยะเวลาการทำความเข้าใจในการเรียนครั้งต่อไป

4.1.4 เนื่องจากการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นร่วมกับห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ครูผู้สอนจึงทำหน้าที่อำนวยความสะดวก เป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำและใช้คำถามถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดมากกว่าการบอกคำตอบนักเรียนไปตรง ๆ เพื่อฝึกให้นักเรียนรู้จักคิด และกล้าที่จะแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่มระหว่างการทำกิจกรรม

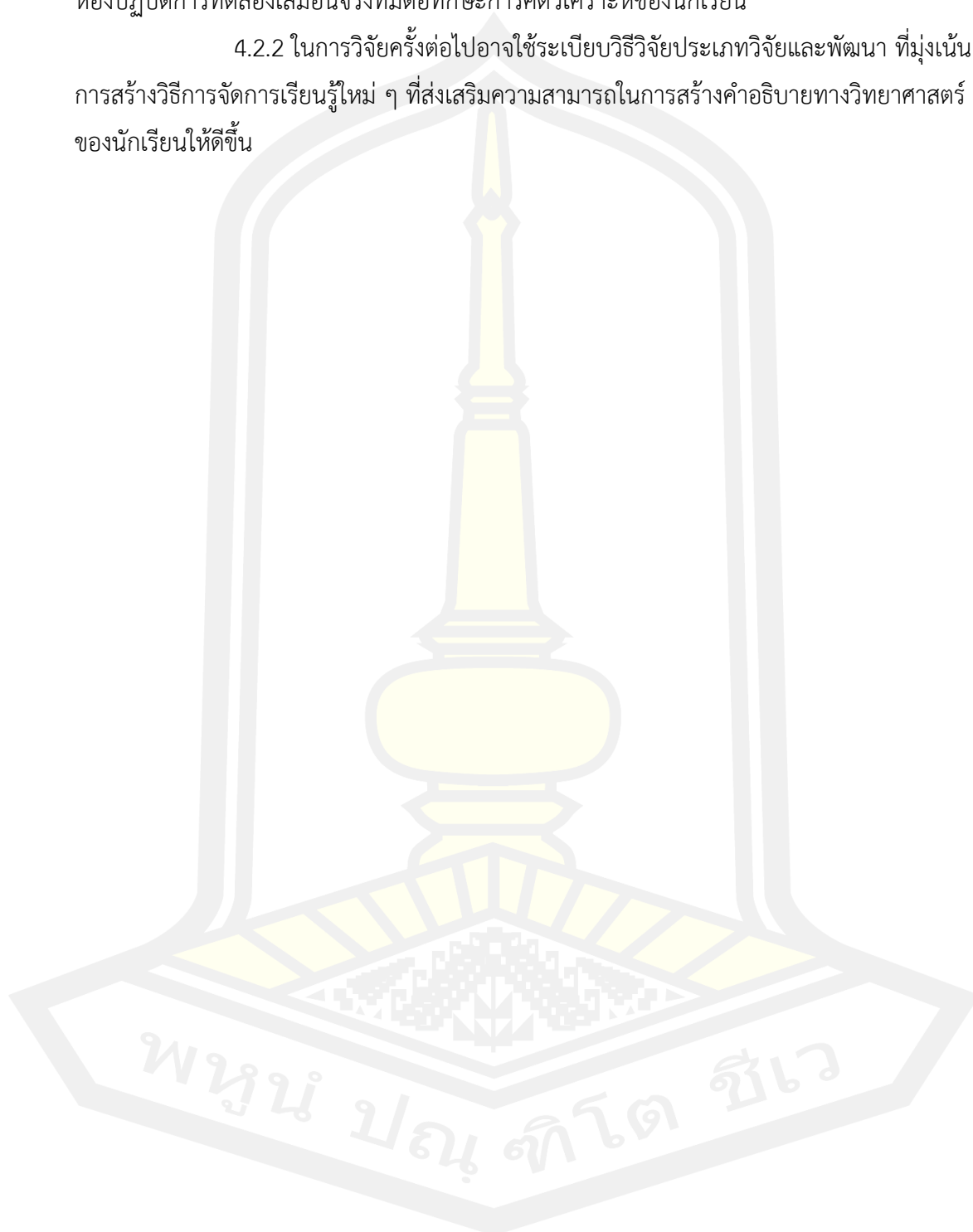
4.1.5 ควรมีการเลือกใช้ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงกับโรงเรียนที่มีคอมพิวเตอร์และทรัพยากรเพียงพอต่อนักเรียน

4.1.6 ควรเพิ่มเวลาหรือลดขั้นตอนในกิจกรรมการสอนแบบสืบเสาะให้เหมาะสมกับชั่วโมงเรียนที่เป็นคาบเดียว

##### 4.2 ข้อเสนอแนะในการทำการวิจัยครั้งต่อไป

4.2.1 ควรมีการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับ  
ห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริงที่มีต่อทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน

4.2.2 ในการวิจัยครั้งต่อไปอาจใช้ระเบียบวิธีวิจัยประเภทวิจัยและพัฒนา ที่มุ่งเน้น  
การสร้างวิธีการจัดการเรียนรู้ใหม่ ๆ ที่ส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์  
ของนักเรียนให้ดีขึ้น



บรรณานุกรม



### บรรณานุกรม

- กิดานันท์ มลิทอง. (2548). เทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: ภาควิชา  
 โสตทัศนศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- กรมควบคุมโรค. (2563). มาตรการและแนวทางการดำเนินการเพื่อเฝ้าระวัง ป้องกัน และควบคุมโรค  
 ติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือโควิด 19 (COVID-19). สืบค้นเมื่อ 5 กันยายน 2564, จาก  
[https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/im\\_commands/im\\_commands06.pdf](https://ddc.moph.go.th/viralpneumonia/file/im_commands/im_commands06.pdf)
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2561). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์  
 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561)ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560.*
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2563). รมว.ศธ.คิกออฟเปิดห้องเรียนออนไลน์ “โรงเรียนหยุดได้ แต่การเรียนรู้  
 หยุดไม่ได้”. สืบค้น 5 กันยายน 2564, จาก<http://www.obec.go.th/archives/25230>
- เขมรัฐ จุฑานฤปกิจ. (2561). *การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ 5 ชั้นเพื่อ  
 พัฒนาการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบวงกลม ของ  
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาการศึกษา  
 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*
- ใจทิพย์ ณ สงขลา.(2542). การสอนผ่านเครือข่ายเวลาดีวีดีเว็บ. วารสารครุศาสตร์. ปีที่ 27 ฉบับที่ 3  
 (มีนาคม 2542): 18-28.
- คณะกรรมการการจัดการความรู้คณะบริหารธุรกิจและวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยพายัพ. (2564).  
*เทคนิคการจัดการสอนในระบบออนไลน์. เชียงใหม่. มหาวิทยาลัยพายัพ*
- ฉัตรศิริ ปิยวิมลศิริ. (2541). “การวิเคราะห์ข้อสอบ,” ใน *วารสารการศึกษา*. สำนักทดสอบทาง  
 การศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 20 (58) : พฤษภาคม-สิงหาคม,  
 2541.

ชุมชนไทยอุปลักษณ์. *E-learning. DMV*. ปีที่3 ฉบับที่12 (ม.ค.-ก.พ.45) หน้า 26-28.

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

*ศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 5-20.ชัยวัฒน์ เข็มมิ่ง.(2552).การใช้สถานการณ์จำลองเพื่อเป็นสื่อ  
การสอนวิชาเคมีในระบบออนไลน์.นิตยสาร สสวท. ปีที่ 38 ฉบับที่ 162 ( ก.ย.-ต.ค. 2552 ).  
(น.55-57)

ทิตินา แคมมณี. (2554). ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ.

กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงศักดิ์ ภูสีอ่อน. (2561). *การวิจัยและพัฒนาทางการศึกษา*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ถนอมพร เลหาจรัสแสง. (2545). *Designing e-Learning หลักการออกแบบและการสร้างเว็บเพื่อ*  
*การเรียนการสอน* กรุงเทพฯ : อรุณการพิมพ์.

ธวัชชัย อติเทพสถิต (2546). *E-Learning กับห้องเรียนเสมือนจริง*. วารสารวิทยบริการ. 14(2): 62-  
66.

นฤตล ตามพ์สุกรี. (2552). *ผลสัมฤทธิ์ของการศึกษาทางการปฏิบัติการจริง สำหรับรายวิชาปฏิบัติการ*

*วิศวกรรมไฟฟ้า1 โดยอ่านเครือข่ายระบบจัดการการเรียนรู้*. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี  
(Suranaree Journal of Social Science). 3: 67-83

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

บุญชม ศรีสะอาด. (2556). *การวิจัยเบื้องต้นฉบับปรับปรุงใหม่*.พิมพ์ครั้งที่ 9.กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

ปิยะธิดา ปัญญา. (2562). *สถิติสำหรับการวิจัย*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ประสาธ เนืองเฉลิม. (2560). *วิจัยการเรียนการสอน*. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่ง  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปราณี หล้าเป็ญสะ. (2559). *การหาคุณภาพของเครื่องมือวัดและประเมินผล*. ยะลา : สำนักพิมพ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา



มิ่งมุก สุทธิกิตติพงศ์. (2562). การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติของสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะเป็นฐาน (5E). วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์. ปทุมธานี. มหาวิทยาลัยรังสิต.

พรนภา อาจสว่าง. (2558). การพัฒนาห้องปฏิบัติการเคมีเสมือน เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต. นครปฐม. มหาวิทยาลัยศิลปากร

พรรณี เกษกมล.(2548). องค์การแห่งการเรียนรู้. วารสารวิชาการ. 8(2), 13-18

ไพโรจน์ คะเชนทร์. (2556). การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน. สืบค้น 13 กันยายน 2564, จาก

<http://www.wattoongpel.com>.

ไพศาล ชนะกุล (2555). บทเรียน e-learning. สืบค้น 13 กันยายน 2564, จาก

<https://www.gotoknow.org/posts/107356>

ภพ เล่าห์ไพบูลย์. (2540). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร:ไทยวัฒนาพานิชย์

ภพ เล่าห์ไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร:ไทยวัฒนาพานิชย์

ปิ่น ภูววรรณ. (2544). เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์สมัยใหม่จะช่วยศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์มหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย.

โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม (ฝ่ายมัธยม). (2563). รายงานการประเมินตนเองของ

สถานศึกษา (Self-Assessment Report : SAR). มหาสารคาม : โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

วัชร เล่าเรียนดี. (2554). รูปแบบและกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด. พิมพ์ครั้งที่

ที่ 7. นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2553). ห้องปฏิบัติการเสมือน. สืบค้นเมื่อ 15 พฤศจิกายน, จาก

<http://th.wikipedia.org/wiki>

วิชาญ พานิชย์. (2556). ห้องปฏิบัติการจริง และห้องปฏิบัติการเสมือน. สืบค้น 12 ตุลาคม 2564,

จาก <https://www.gotoknow.org/posts/534946>

วัฒนาพร ระงับทุกข์. (2541). การจัดการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

วณิชชา หมั่นเรียน. (2562). การส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ เรื่อง การสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตาม รูปแบบ MACRO model ร่วมกับการเขียนแผนผังกราฟิก(วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยรังสิต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2546). การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่ม วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). คู่มือการใช้ หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2561 วิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.

สุทธิชาติ เปรมกมล (2560) ผลของการใช้การสืบสอบเน้นแบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. กรุงเทพมหานคร : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบ

ร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความ  
มีเหตุผล ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์บัณฑิต.

กรุงเทพมหานคร. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมพร เชื้อพันธ์. (2547). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาปีที่3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการ  
จัดการเรียนการสอนตามปกติ. วิทยานิพนธ์ ค.ม. (หลักสูตรและการสอน).

พระนครศรีอยุธยา: บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.

สิริพร ทิพย์คง. (2545). หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์. กรุงเทพฯ : พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2553). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่9. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวิมล เขี้ยวแก้ว. (2540). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. ปัตตานี: ภาควิชาการศึกษา คณะ  
ศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์วิทยาเขตปัตตานี.

สาขาชีววิทยา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2550). รูปแบบการ

เรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยาระดับ ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.

อรยา แจ่มใจ (2557) การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของ นักเรียน  
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการ  
โต้แย้ง. บัณฑิตมหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Bybee, R.W., Taylor, J. & Gardner, A. (2006). The BSCS 5E instructional model: origins,

effectiveness, and applications. Retrieved September 3, 2021, from

[http://bscs.org/sites/default/files/\\_legacy/BSCS\\_5E\\_Instructional\\_Model-Executive\\_Summary\\_0.pdf](http://bscs.org/sites/default/files/_legacy/BSCS_5E_Instructional_Model-Executive_Summary_0.pdf)

Chemcollective. (2019). Virtual Laboratory answer. September, 15, 2021, from

[http:// http://chemcollective.org/vlabs](http://chemcollective.org/vlabs)

Cengiz, T. (2010). The Effect of the Virtual Laboratory on Students' Achievement and

- Attitude in Chemistry International Online Journal of Educational Sciences. 2 (1), 37-53
- Gabel, D. (1999). Improving Teaching and Learning through Chemistry Education Research: A Look to the Future. *Journal of Chemical Education* 76 (4), 548-553.
- Good, C. V. (1973). Dictionary of Education. 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill. *Journal of Research in Science Teaching*. 15 (3) : 153.
- Fan Y., Lin J., San T., & Yuan, W. (2006, April). A Wireless LAN-Based Robust and Scalable Virtual Laboratory for E-Learning. *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment*. (3942): 322-325.
- Herga, N. R., & Dinevski, D. (2012, May-June) Virtual Laboratory in Chemistry- Experimental Study of Understanding, Reproduction and Application of Acquired Knowledge of Subject's Chemical Content. *Organizacija*. 45(3): 108-116
- Johnstone, A. H. (1993), Introduction, in Wood C. and Sleet R. (ed.), *Creative Problem Solving in Chemistry*, London: The Royal Society of Chemistry.
- McNeill, L.K., Lizotte, J.D., & Krajcik, J., & Marx W.R. (2006). Supporting Students' Construction of Scientific Explanations by Fading Scaffolds in Instructional Materials. *Journal of the learning science*, 15(2), 153- 191.
- 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*, 44(1), 53-78.
- RuizPrimo, M., Li M, Tsai, SP., & Schneider, J. (2010) Testing one premise of scientific

inquiry in science classrooms: Examining students' scientific explanations and student learning. *J Res Sci Teach* 2010; 47(5): 583-608.

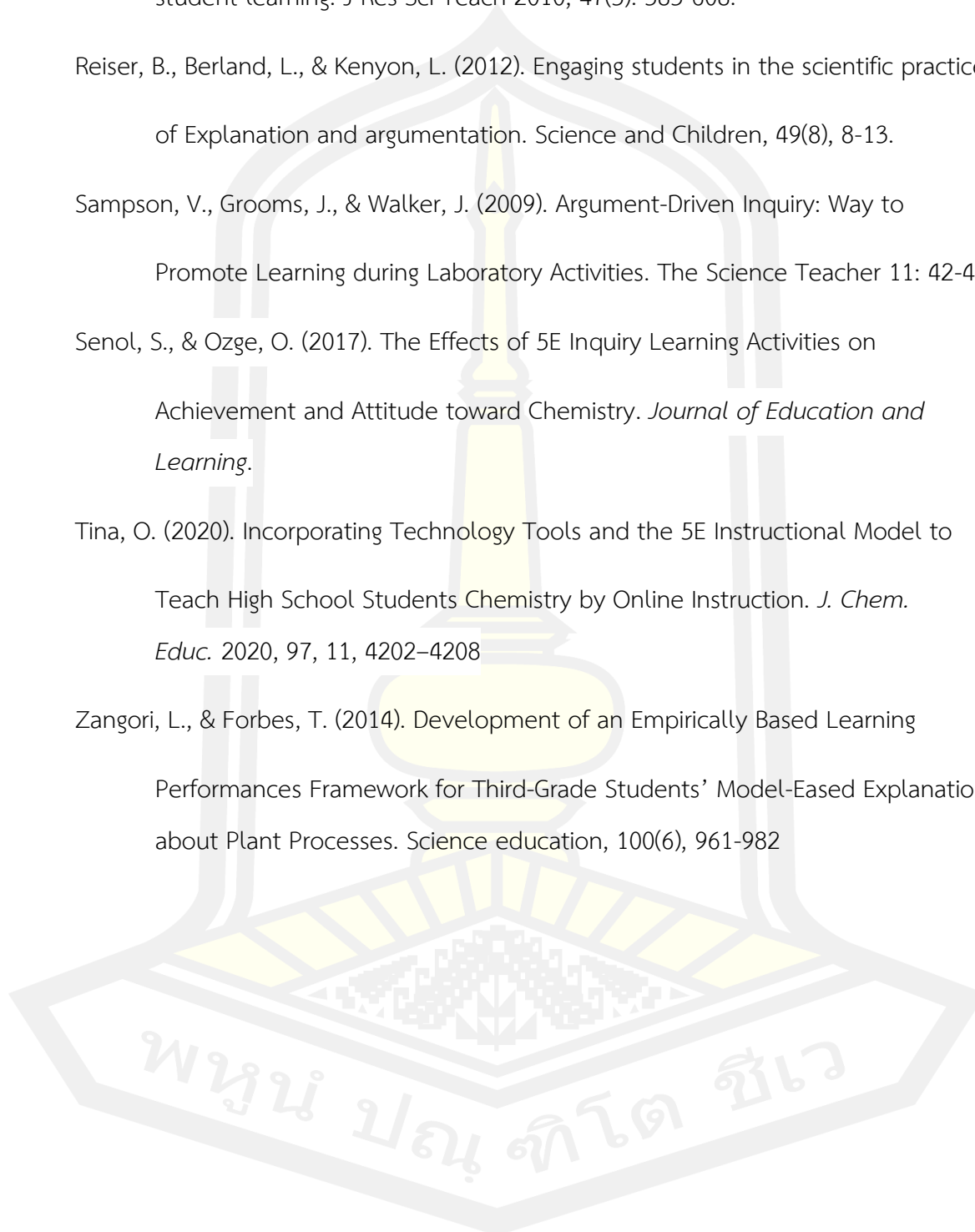
Reiser, B., Berland, L., & Kenyon, L. (2012). Engaging students in the scientific practices of Explanation and argumentation. *Science and Children*, 49(8), 8-13.

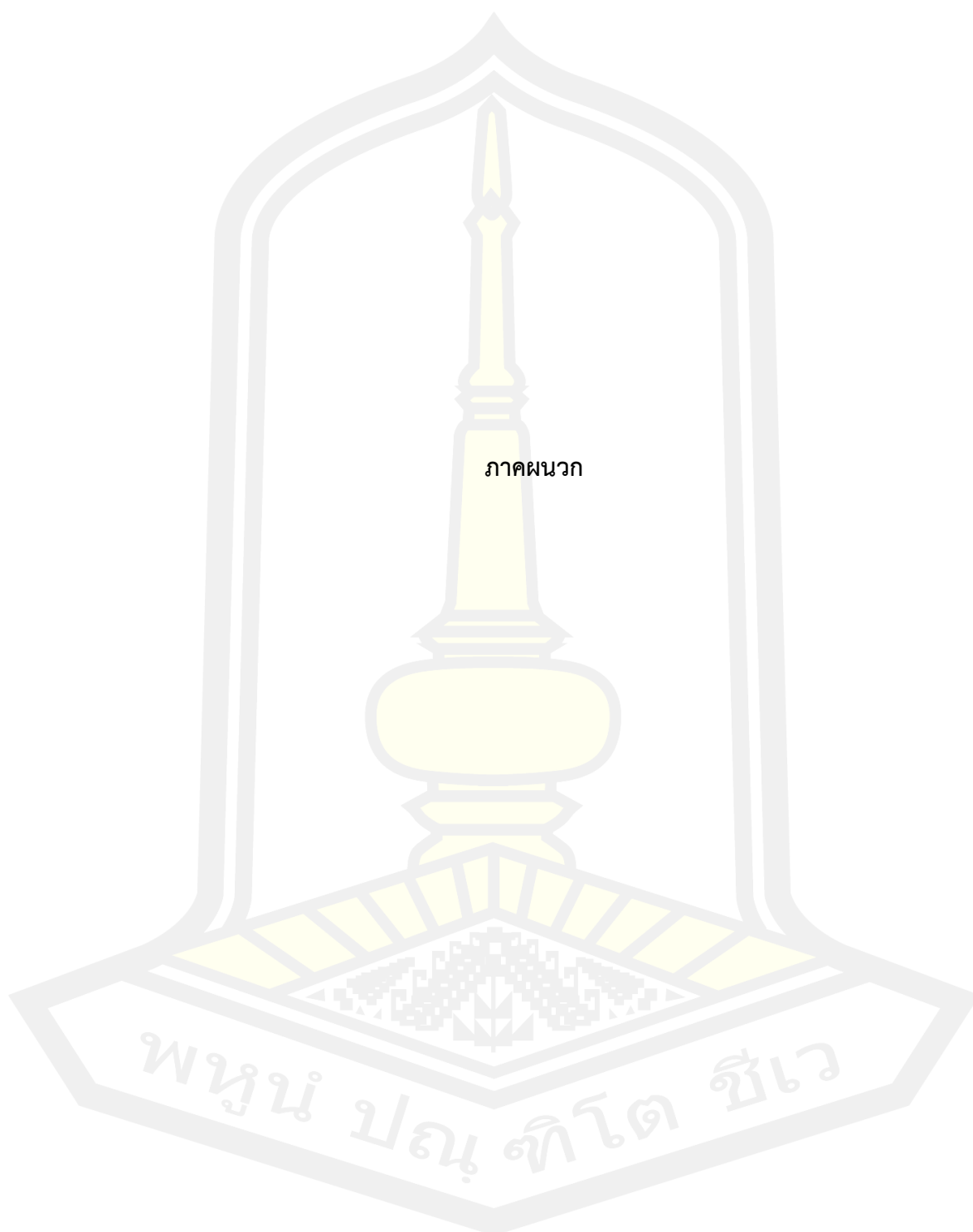
Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. (2009). Argument-Driven Inquiry: Way to Promote Learning during Laboratory Activities. *The Science Teacher* 11: 42-47.

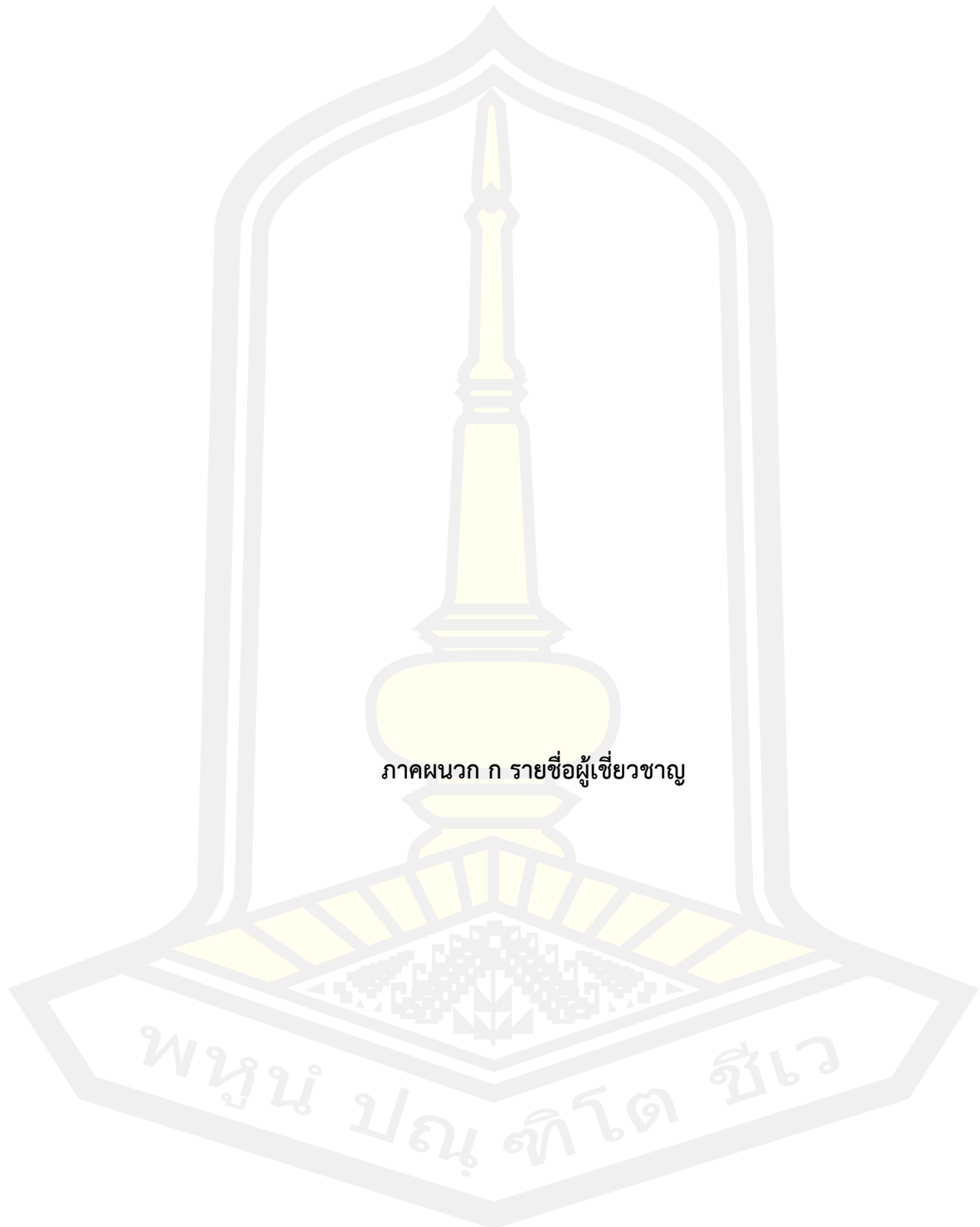
Senol, S., & Ozge, O. (2017). The Effects of 5E Inquiry Learning Activities on Achievement and Attitude toward Chemistry. *Journal of Education and Learning*.

Tina, O. (2020). Incorporating Technology Tools and the 5E Instructional Model to Teach High School Students Chemistry by Online Instruction. *J. Chem. Educ.* 2020, 97, 11, 4202–4208

Zangori, L., & Forbes, T. (2014). Development of an Empirically Based Learning Performances Framework for Third-Grade Students' Model-Eased Explanations about Plant Processes. *Science education*, 100(6), 961-982





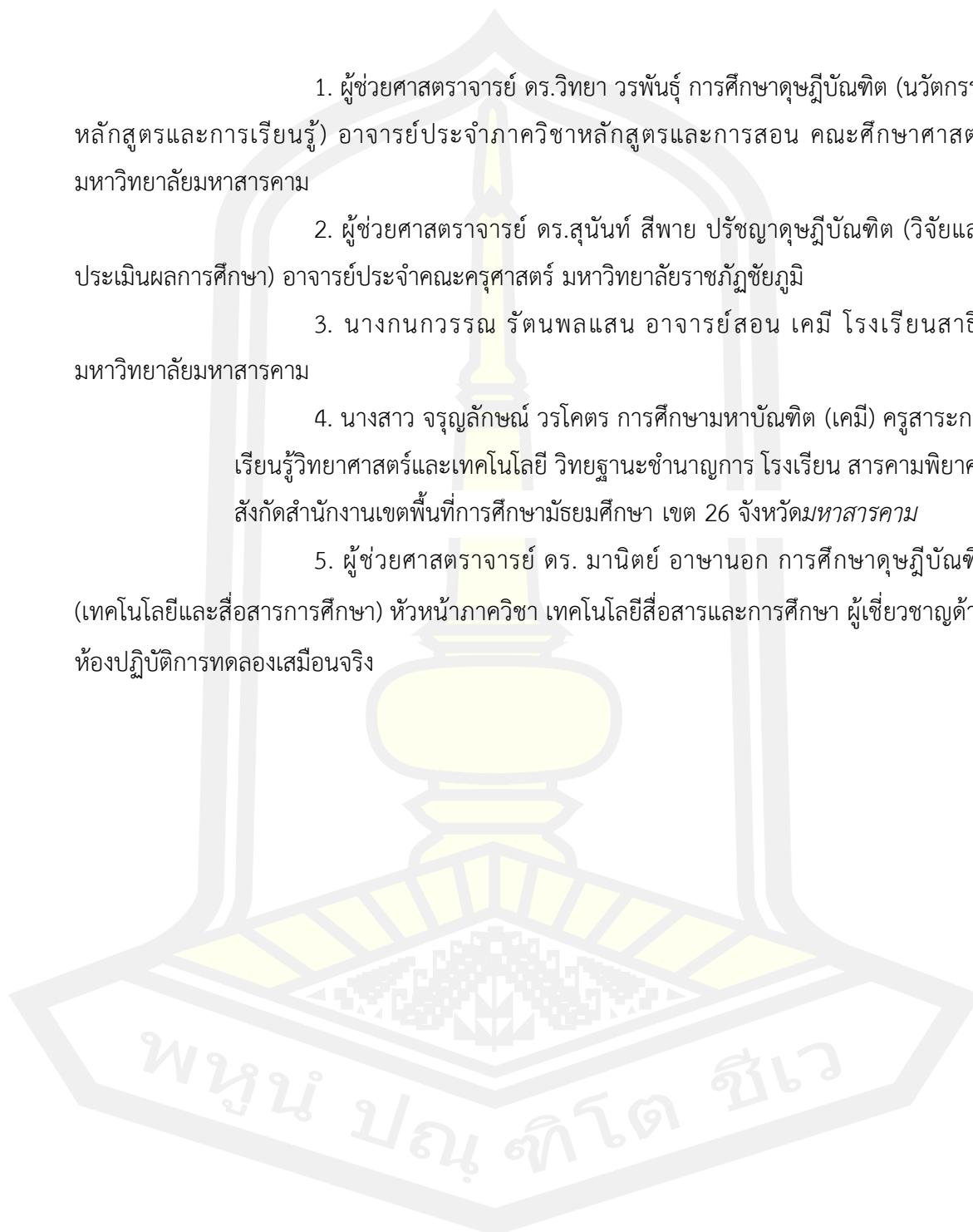


ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

พหุณฺ์ ปณฺุ ทิโต ชีเว

## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิทยา วรพันธุ์ การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (นวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้) อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุนันท์ สีพาย ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (วิจัยและประเมินผลการศึกษา) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏชัยภูมิ
3. นางกนกวรรณ รัตน์พลแสน อาจารย์สอน เคมี โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
4. นางสาว จริญญาลักษณ วรโคตร การศึกษามหาบัณฑิต (เคมี) ครูสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยฐานะชำนาญการ โรงเรียน สารคามพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 26 จังหวัดมหาสารคาม
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานิตย์ อาษานอก การศึกษาดุษฎีบัณฑิต (เทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา) หัวหน้าภาควิชา เทคโนโลยีสื่อสารและการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญด้านห้องปฏิบัติการทดลองเสมือนจริง







ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

พหุณฺ ปณฺ ทิโต ชีเว

## แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สาระการเรียนรู้เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เวลาเรียน 1 ชั่วโมง

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2/2563

### 1.ผลการเรียนรู้

11. สามารถบอกความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

### 2.สาระการเรียนรู้

ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 3.จุดประสงค์การเรียนรู้

-นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

-นักเรียนสามารถทำนายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันว่าเกิดช้าหรือเร็วได้

-นักเรียนมีความตรงต่อเวลา

### 4.สาระสำคัญ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารในช่วงเวลาใด ๆ ที่กำหนด รวมถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสารตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดปฏิกิริยาด้วย อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรืออาจจะเรียกย่อๆ ว่า อัตราการเกิดปฏิกิริยา

### 5.กิจกรรมการเรียนรู้ (การสืบเสาะ 5 ชั้น)

#### 5.1 ชั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

5.1.1 ครูกล่าวตั้งคำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางเคมี หรือการเกิดปฏิกิริยาเคมี

-ปฏิกิริยาเคมีมีลักษณะอย่างไร (มีการเปลี่ยนแปลงแล้วเกิดสารใหม่เกิดขึ้น)

-ทราบได้อย่างไรว่าเกิดปฏิกิริยาเคมี (สังเกตจากสี ดมกลิ่น อุณหภูมิที่เปลี่ยนไป การเกิดฟองแก๊ส)

-จากนั้นครูกล่าวว่า ปฏิกริยาในชีวิตประจำวันที่พบเจอจะใช้เวลาในการเกิดแตกต่างกัน บางปฏิกริยาเกิดช้าบางปฏิกริยาเกิดขึ้นได้เร็ว

-ครูให้นักเรียนเปรียบเทียบปฏิกริยาที่เกิดขึ้นช้าและเร็ว โดยการตั้งคำถามว่า จากปฏิกริยาต่อไปนี้ ปฏิกริยาใดเกิดช้า ปฏิกริยาใดบ้างเกิดเร็ว 1.การเกิดสนิม 2.การเผาไหม้ของกระดาษ 3.การระเบิดของดินปืน (เกิดช้า การเกิดสนิม เกิดเร็ว การเผาไหม้ของกระดาษ การระเบิดของดินปืน)

5.1.2 จากนั้นครูตั้งคำถามว่า การเกิดปฏิกริยาเคมีต่าง ๆ หรือปฏิกริยาที่ครูยกตัวอย่างมีวิธีใดบ้างที่จะบอกได้ว่าปฏิกริยานั้นเกิดขึ้นช้าหรือเร็วเพียงใด (การเทียบกับเวลา)

5.1.3 ครูยกตัวอย่างสถานการณ์ว่าถ้าครูขับรถไปต่างจังหวัดใช้เวลาทั้งหมด 7 ชั่วโมง ถ้าอยากทราบว่าครูขับรถด้วยอัตราเร็วเท่าใดสามารถทำได้อย่างไร (ระยะทาง/ระยะเวลาที่ใช้) จากนั้นครูกล่าวต่อว่า ในความเป็นจริงครูไม่ได้ใช้ความเร็วเท่าเดิมตลอดดังนั้นเราจึงนิยมบอกความเร็วในรูปของ “อัตราเร็วเฉลี่ย”

5.1.4 จากนั้นครูตั้งคำถามเพื่อกำหนดขอบเขตของการศึกษาว่า ถ้านักเรียนต้องการวัดอัตราการเกิดปฏิกริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับนักเรียนสามารถทำได้อย่างไร (วัดผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น หรือ วัดปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง)

5.1.5 ครูคอยสนทนาและตั้งคำถามกับนักเรียนในกลุ่มที่ยังไม่สามารถกำหนดขอบเขตการศึกษาได้ เช่น

-นักเรียนมีวิธีการตรวจสอบอย่างไรว่าโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกทำปฏิกริยากัน (เกิดฟองแก๊ส , โลหะผุกร่อน)

-จากสิ่งที่นักเรียนคาดการณ์คือ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณสารในปฏิกริยานักเรียนมีวิธีการวัดปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงอย่างไร ( วัดปริมาตรแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น , วัดมวลของแมกนีเซียมที่ลดลง)

## 5.2 ชั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (20นาที)

5.2.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน จากนั้นให้ศึกษาการทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 ในใบกิจกรรมที่ 1 และให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อที่จะใช้ในการตรวจวัดปริมาณของสารที่เปลี่ยนแปลง จากอุปกรณ์และสารเคมีที่ครูกำหนดให้

5.2.2 จากนั้นครูให้นักเรียนทำการทดลองตามวิธีการที่วางแผนไว้และจดบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 1 และเตรียมนำเสนอผลการทดลอง

5.2.3 ครูให้นักเรียนนำข้อมูลที่ได้อ่านมาวาดกราฟเปรียบเทียบระหว่างปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงวัดเทียบกับเวลา ลงในแบบบันทึกผลการทดลอง

### 5.3 ชั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (Explanation) (15 นาที)

5.3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองและกราฟของกลุ่มตนเอง ช่วยกันตอบคำถาม

5.3.2 จากกิจกรรมการทดลอง ครูตั้งคำถามว่า ปฏิกิริยาระหว่างกรดไฮโดรคลอริกกับ Mg เขียนเป็นสมการได้อย่างไร ( $Mg + 2H^+ \rightarrow Mg^{2+} + H_2$ )

5.3.3 ครูตั้งคำถามสำหรับกลุ่มที่วัดปริมาณสารตั้งต้นว่า เมื่อทำการวัดมวลของ Mg เทียบกับเวลาจะเป็นอย่างไร (มวลของ Mg ค่อยๆลดลง และจะคงที่เป็นเส้นตรง)

5.3.4 แล้วนักเรียนที่วัดปริมาตรแก๊สไฮโดรเจนกราฟมีลักษณะอย่างไร (เนื่องจากโลหะทำปฏิกิริยากับกรดแล้วเกิดแก๊สไฮโดรเจนเมื่อมีแก๊สไฮโดรเจนมากขึ้น เมื่อสังเกตจากกราฟจะเห็นว่าปริมาตรค่อยๆเพิ่มขึ้นและคงที่เป็นเส้นตรง)

5.3.5 เปรียบเทียบกราฟที่เกิดขึ้นระหว่างมวลของสารตั้งต้นกับปริมาตรของแก๊สในสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร (สารตั้งต้นจะค่อยๆลดลง ในขณะที่เดียวกันสารผลิตภัณฑ์จะค่อยๆเพิ่มขึ้น)

5.3.6 เมื่อเวลาผ่านไปจนถึงจุด ๆ หนึ่งจะเห็นว่าทั้งกราฟสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์เป็นเส้นตรงเป็นเพราะเหตุใด (เนื่องจากสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากันจนหมดมวลของสารตั้งต้นจึงคงที่ เมื่อสารตั้งต้นหมดไปก็ไม่สามารถทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ได้จึงเห็นว่าปริมาตรของสารผลิตภัณฑ์ไม่เพิ่มขึ้น)

-ครูอธิบายเพิ่มเติมว่า จะเห็นได้ว่าการจะพิจารณาว่าปฏิกิริยานั้นเกิดช้าหรือเกิดเร็วต้องวัดการเปลี่ยนแปลงปริมาณสารเทียบกับหนึ่งหน่วยเวลา

-ครูถามว่า ถ้าวัดอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้นจะได้สมการว่าอย่างไร ( อัตราการเปลี่ยนแปลงของสารตั้งต้น = ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง/เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา)

-ถ้าวัดการเปลี่ยนแปลงของสารผลิตภัณฑ์จะได้สมการว่าอย่างไร (อัตราการเปลี่ยนแปลงสารผลิตภัณฑ์ = ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น/เวลาที่ใช้เกิดปฏิกิริยา)

-ดังนั้นสามารถสรุปความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร (อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือการวัดปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลงไป/เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา)

#### 5.4 ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) (5นาที)

-ครูตั้งคำถามว่า ถ้านำสารละลาย A ทำปฏิกิริยากับ ของแข็ง B แล้วจะได้ผลิตภัณฑ์เป็น แก๊ส C และ สารละลาย D ถ้าต้องการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถทำได้โดยวิธีการใดถึงจะสะดวกที่สุด เพราะเหตุใดจงอธิบาย (การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยานี้สามารถวัดแก๊ส C ที่เกิดขึ้นได้โดยตรงจะเป็นวิธีที่สะดวกที่สุด เพราะ สามารถเก็บในกระบอกฉีดยาหรือใช้วิธีการแทนที่น้ำได้ แต่ถ้าวัดการลดลงของสาร A หรือการเพิ่มขึ้นของสาร D ต้องวัดความเข้มข้นซึ่งทำได้ยาก และการวัดจากสาร B ต้องวัดมวลของสาร B ที่ลดลงซึ่งก็ทำได้ยากเช่นกัน)

#### 5.5 ชั้นประเมินผล (Evaluation) (10นาที)

5.5.1 ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบอัตนัย

5.5.2 ครูให้นักเรียนออกมาเฉลยแบบทดสอบ จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมในส่วนที่นักเรียนไม่เข้าใจ

#### 6. สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเคมี 3 ของ อาจารย์ กนกวรรณ รัตนพลแสน
2. แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับกลุ่ม/สำหรับบุคคล
3. แบบทดสอบอัตนัย
4. ใบกิจกรรม

#### 7. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์	การประเมิน		เกณฑ์การผ่าน
	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	
-นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ (knowledge)	การทดสอบ	แบบทดสอบ	ผ่าน 75 % ขึ้นไป
-นักเรียนสามารถทำนายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวันว่าเกิดช้าหรือเร็วได้ (process)	การทดสอบ	แบบทดสอบ	ผ่าน 50 % ขึ้นไป
-นักเรียนมีความตรงต่อเวลา (attribute)	การสังเกต	แบบสังเกตความสนใจ/ตั้งใจเรียน	ระดับพอใช้ขึ้นไป

## แบบทดสอบรายบุคคล

## เรื่อง ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. นำหินปูนจำนวน 200 กรัม ไปทำปฏิกิริยากับกับกรดไฮโดรคลอริกผลปรากฏว่าเมื่อเวลาผ่านไปจนถึงจุดสิ้นสุดของปฏิกิริยา พบว่ามีแก๊สเกิดขึ้นแต่ผู้ทดลองลืมเก็บแก๊ส และมีหินปูนเหลืออยู่ 100 กรัม จากสถานการณ์ดังกล่าวสามารถวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้หรือไม่ อย่างไร (2คะแนน)

.....

.....

.....

2. ถ้าสมมติว่าใช้เวลาไปทั้งหมด 50 วินาที ปฏิกิริยานี้มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเท่าใด (2คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้จงเรียงลำดับว่าปฏิกิริยาที่เกิดเร็วไปยังปฏิกิริยาที่เกิดช้าตามลำดับ (2 คะแนน) พร้อมให้เหตุผล

1. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีอัตราการลดลงมวลของเชื้อเพลิง 0.8 g/s
2. ปฏิกิริยาการเผาไหม้ของถ่านที่มีอัตราการลดลงมวลถ่าน 0.95 g/s
3. การฟู่ร้อนของโลหะ ที่มีอัตราการลดลงมวลโลหะเท่ากับ 0.2 g/s

.....

.....

.....

.....



## เกณฑ์การประเมิน

## - ข้อ 1

คะแนน	ลักษณะคำตอบ
2	วัดได้ โดยการวัดจากมวลที่ลดลงของแคลเซียมคาร์บอเนตเทียบกับเวลา
1	วัดได้ (ไม่ให้เกิดตุ่ม หรือให้เหตุผลไม่ถูก)
0	ไม่ทำแบบทดสอบ

## -ข้อ2

คะแนน	ลักษณะคำตอบ
2	แสดงคำตอบ พร้อมวิธีคำนวณที่ถูกต้อง
1	คำตอบถูกต้องแต่วิธีคำนวณไม่ถูกต้อง , วิธีถูกต้องแต่คำตอบไม่ถูกต้อง
0	นักเรียนไม่ทำแบบทดสอบ

## แบบประเมินความรู้จากแบบทดสอบท้ายบทเรียน

คำชี้แจง : ให้เขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องให้คะแนนที่ตรงกับความรู้ความเข้าใจของนักเรียนมากที่สุด

ชื่อ - สกุล	ข้อที่ 3			
	3	2	1	0



--	--	--	--	--

เกณฑ์

คะแนน	ลักษณะคำตอบ
2	เรียงลำดับอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ถูกต้อง พร้อมให้เหตุผล
1	เรียงลำดับอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ถูกต้อง แต่ไม่ให้เหตุผล
0	เรียงลำดับไม่ถูกต้องและให้เหตุผลไม่ถูกต้อง,นักเรียนไม่ทำแบบทดสอบ

### แบบสังเกตพฤติกรรมการเข้าร่วมการทำกิจกรรม

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่5

ภาคเรียน

ที่ 2/2563

คำชี้แจง ให้เขียนเครื่องหมาย ✓ ถ้านักเรียนมีพฤติกรรมตามรายการสังเกต

เลขที่	รายการสังเกต																คะแนนรวม
	ตั้งใจทำกิจกรรม				รับผิดชอบงานที่ได้รับมอบหมาย				ไม่ทำงานอื่นที่ไม่เกี่ยวกับกิจกรรม				การทำงานร่วมกับผู้อื่น				
	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	3	2	1	0	

เกณฑ์การประเมิน (ผ่านเกณฑ์ในระดับพอใช้ขึ้นไป)

คะแนน 9-12 ระดับ ดีมาก

คะแนน 6-8 ระดับ ดี

คะแนน 3-5 ระดับ พอใช้

คะแนน 0-2 ระดับ ควรปรับปรุง

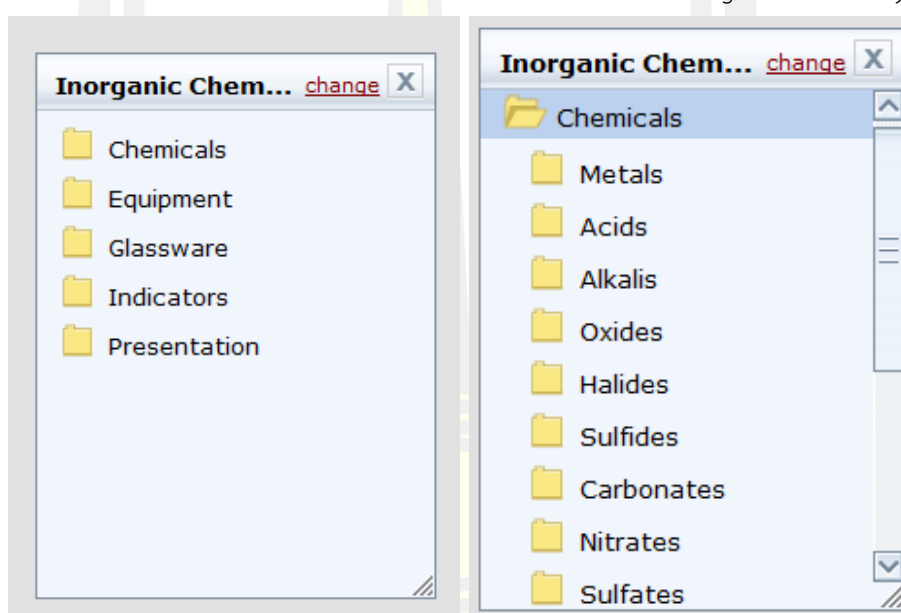
## เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม	คะแนน			
	3	2	1	0
ความตั้งใจ ทำกิจกรรม	นักเรียนไม่เล่น โทรศัพท์หรือ แอบคุยเล่นกัน ขณะทำ กิจกรรม	นักเรียนเล่น โทรศัพท์หรือแอบ คุยเล่นกัน ขณะทำ กิจกรรม 1 ครั้ง	นักเรียนเล่น โทรศัพท์หรือแอบ คุยเล่นกัน ขณะทำ กิจกรรม 2 ครั้ง ขึ้นไป	นักเรียนเล่น โทรศัพท์ แอบ คุยกัน หรือหลับ ตลอดเวลาที่ทำ กิจกรรม
รับผิดชอบ งานที่ได้รับ มอบหมาย	ทำงานที่ตน ได้รับมอบหมาย จนสำเร็จตาม เวลา ไม่เฉื่อยชา	ทำงานที่ตนได้รับ มอบหมายจนสำเร็จ โดยการตักเตือน จากเพื่อนในกลุ่ม หรือคุณครู 1 ครั้ง	ทำงานที่ตนได้รับ มอบหมายจนสำเร็จ โดยการตักเตือน จากเพื่อนในกลุ่ม หรือคุณครู 2 ครั้ง ขึ้นไป	ไม่ทำงานที่ตนได้ รับผิดชอบ
ไม่ทำงานอื่น ที่ไม่เกี่ยวกับ กิจกรรม	ไม่ทำงานอื่นที่ ไม่เกี่ยวกับการ ทำกิจกรรม	นํางานอื่นที่ไม่ เกี่ยวกับกิจกรรมมา ทำระหว่างทำการ กิจกรรม 1 ครั้ง	นํางานอื่นที่ไม่ เกี่ยวกับกิจกรรมมา ทำระหว่างทำการ กิจกรรม 2 ครั้งขึ้น ไป	นํางานอื่นที่ไม่ เกี่ยวกับกิจกรรม มาทำตลอดทำ การกิจกรรม
การทำงาน ร่วมกับผู้อื่น	ให้ความร่วมมือ ในการทำการ กิจกรรม	ให้ความร่วมมือใน การทำกิจกรรม แต่ ต้องมีการตักเตือน 1 ครั้ง	ให้ความร่วมมือใน การทำกิจกรรม แต่ ต้องมีการตักเตือน 2 ครั้งขึ้นไป	ไม่ให้ความ ร่วมมือในการทำ กิจกรรม

## ใบกิจกรรม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนเปิดโปรแกรม Yenka แล้วเลือกที่ Organic Chemistry > New
2. จากนั้นให้นักเรียนสร้างการทดลอง โดยเลือกสารเคมีจากแถบ Organicchemistry

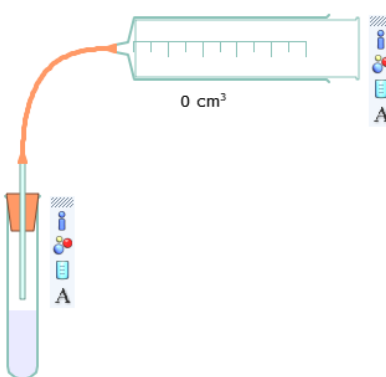


3. จากนั้นเลือกที่ Acid > Hydrochloric > จากนั้นให้นักเรียนปรับความเข้มข้น เป็น 0.5 M ปริมาตร 20 cm<sup>3</sup>
4. เลือกโลหะ Mg จาก Metal > Ribbon magnesium
5. เลือกหลอดทดลองจาก Glass wear > Standard > tube แล้วเลือกจุดปิดแบบมีหลอดเดี่ยวเพื่อปิดหลอดทดลอง

พหุบัณฑิต ชีวะ



6. เลือกกระบอกฉีดยาจาก Glass wear > measuring > gas syringe จากนั้นลากต่อสายยาง



จากปลายจุกปิดหลอดทดลองไปยังเข็มฉีดยา

7. ใส่กรดไฮโดรคลอริกและโลหะ Mg ลงในหลอดทดลองเลือก Presentation ที่แถบเครื่องมือ และเลือก Graph



กดปุ่ม

เกิดขึ้นและบันทึกผลการทดลอง

และ สังเกตสิ่งที่

พหุ ประถมศึกษา

แบบบันทึกผลการทดลอง  
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

กลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

1. วัตถุประสงค์

.....

.....

.....

2. สมมติฐาน

.....

.....

.....

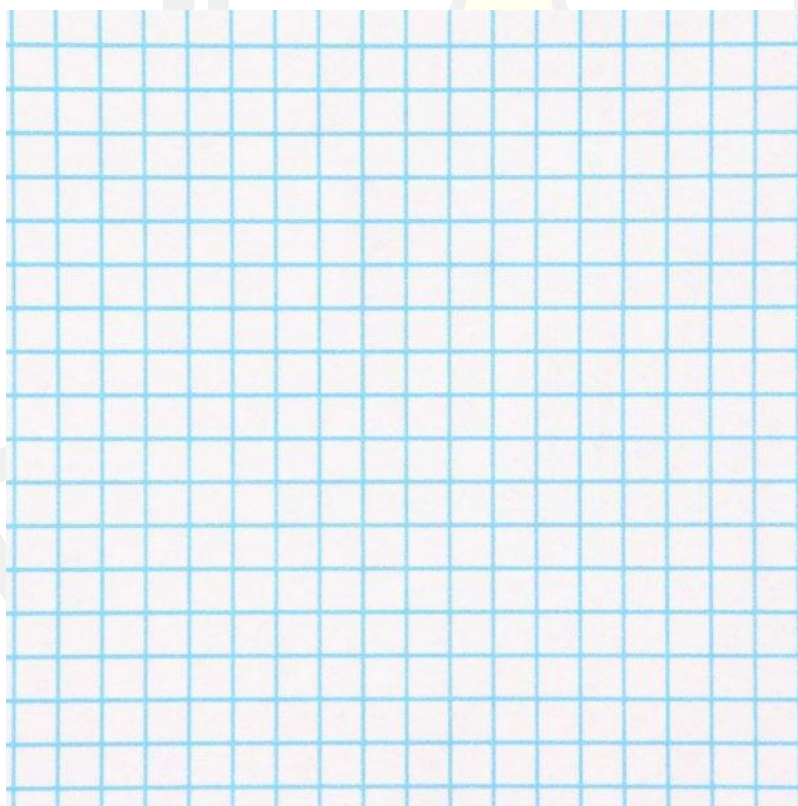
3. ตารางบันทึกผลการทดลอง

ปริมาตรแก๊ส	10 cm <sup>3</sup>	20 cm <sup>3</sup>	30 cm <sup>3</sup>	40 cm <sup>3</sup>	50 cm <sup>3</sup>	60 cm <sup>3</sup>
เวลา (s)						

เวลา	20	40	60	80	100	120
------	----	----	----	----	-----	-----

มวล Mg						
--------	--	--	--	--	--	--

กราฟแสดงปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นเทียบกับเวลา



ใช้ข้อมูลจากผลการทดลองและกราฟเพื่อตอบคำถาม

1. แก๊สที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานี้คือแก๊สชนิดใด และเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา

.....  
.....  
2. การเปลี่ยนแปลงของมวลโลหะแมกนีเซียมเมื่อเวลาผ่านไปเป็นอย่างไร

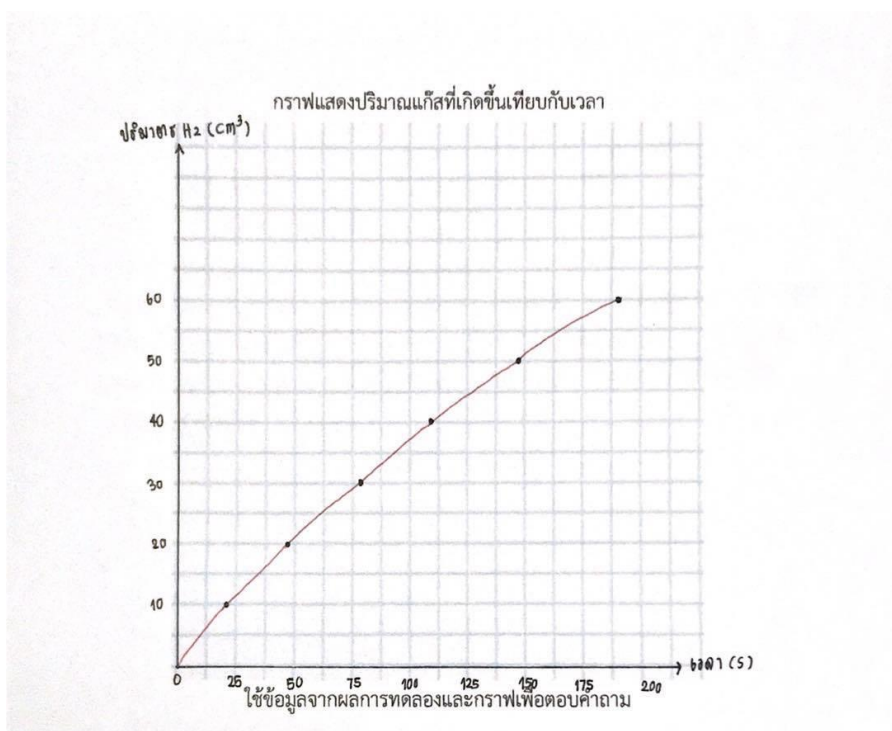
.....  
.....  
3. การเปลี่ยนแปลงของแก๊สไฮโดรเจนเมื่อเวลาผ่านไปเป็นอย่างไร

.....  
.....  
4. ปริมาตรแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นทั้งหมดเทียบกับเวลาทั้งหมดที่ใช้ มีค่าเท่าใด (ระบุหน่วย)

.....  
.....  
5. จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร

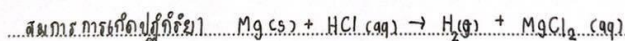
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

พหุ ประถมศึกษา ชีวะ



1. แก๊สที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยานี้คือแก๊สชนิดใด และเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา

แก๊สไฮโดรเจน



2. การเปลี่ยนแปลงของมวลโลหะแมกนีเซียมเมื่อเวลาผ่านไปเป็นอย่างไร

เมื่อเวลาผ่านไปมวลของโลหะ Mg จะลดลงเรื่อยๆ คือลดลงจนหมด คงเหลือไว้แต่เหล็ก

3. การเปลี่ยนแปลงของแก๊สไฮโดรเจนเมื่อเวลาผ่านไปเป็นอย่างไร

เมื่อเวลาผ่านไปปริมาตรของ  $H_2$  จะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ และคงที่ไว้ที่ที่สุด

พหุบัน ปณฺ ทิโต ชีเว



- .....  
 4. ปริมาตรแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นทั้งหมดเทียบกับเวลาทั้งหมดที่ใช้ มีค่าเท่าใด (ระบุหน่วย)

..... ปริมาตรแก๊สทั้งหมด =  $60 \text{ cm}^3$ , เวลาที่ใช้ทั้งหมด =  $199 \text{ s}$

..... เมื่อคำนวณกับค่า  $\frac{60 \text{ cm}^3}{199 \text{ s}}$

5. จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร

..... จากผลการทดลองพบว่าเมื่อเวลาผ่านไปสารตั้งต้นจะมีมวลลดลง และสารผลิตภัณฑ์จะมีปริมาณมากขึ้น เนื่องจากสารตั้งต้นทำปฏิกิริยากัน และเกิดเป็นสารผลิตภัณฑ์ และอัตราการเกิดปฏิกิริยาสามารถหาได้จาก การนำมวลของสารตั้งต้นที่ลดลง... หรือปริมาตรของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น... ไปเทียบกับเวลาที่ใช้

.....  
 .....  
 .....

รูปแสดงตัวอย่างผลงานนักเรียน



## ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

#### แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์

#### เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ก. โมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงกว่าค่าพลังงานกระตุ้นเมื่อชนกันแล้วจะเกิดเป็นผลผลิตทุกครั้ง

ข. บางปฏิกิริยาความเข้มข้นของสารตั้งต้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ค. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคืออัตราการชนของโมเลกุลสารตั้งต้น

ง. อัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยาจะช้าลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

2. ข้อใดวัดปริมาณการเปลี่ยนแปลงของสารไม่เหมาะสม

ก. ปฏิกิริยาระหว่างกรด-เบส : วัด pH

ข. ปฏิกิริยาระหว่างกรดกับโลหะ : วัดปริมาตรแก๊สไฮโดรเจน

ค. ปฏิกิริยากรดกับหินปูน : วัดมวลของหินปูนที่ลดลง

ง. ปฏิกิริยาการเกิดแก๊สแอมโมเนีย : วัดมวลของแอมโมเนีย

3. จากปฏิกิริยา  $\text{NaHCO}_3 (\text{s}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2 (\text{g})$  วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาด้วยวิธีใดง่ายที่สุด

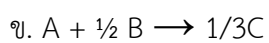
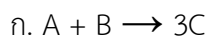
ก. วัดปริมาตรของ  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นต่อเวลา

ข. วัดความเข้มข้นของ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  ที่ลดลงต่อเวลา

ค. วัดความเข้มข้นของ  $\text{CH}_3\text{COONa}$  ที่เกิดขึ้นต่อเวลา

ง. วัดมวลของ  $\text{NaHCO}_3$  ที่ลดลงต่อเวลา

4. ปฏิกิริยาหนึ่งอัตราการลดของสาร A เท่ากับ  $\frac{1}{2}$  เท่าของอัตราการลดของสาร B และ เท่ากับ  $\frac{1}{3}$  เท่าของ อัตราการเพิ่มของสาร C สมการที่แสดงปฏิกิริยาเคมีดังกล่าวคือใด



5. ปฏิกิริยาเคมีระหว่างลวดแมกนีเซียมกับสารละลายกรดซัลฟิวริกเป็นดังสมการ  $Mg(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow MgSO_4(aq) + H_2(g)$  บันทึกเวลาในการเกิดแก๊ส  $H_2$  เริ่มต้นจนถึงปริมาตร  $5 \text{ cm}^3$  ดังตาราง

ปริมาตร $H_2$ ที่เกิด ( $\text{cm}^3$ )	เวลาที่ใช้ (s)
1	4
2	6
3	9
4	14
5	20

จากข้อมูลในตารางข้อใดถูกต้อง

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )	อัตราการเกิดแก๊ส $H_2$ ปริมาตร 3-5 $\text{cm}^3/\text{s}$
1. 0.16	0.18
2. 0.25	0.18
3. 0.50	0.25
4. 0.25	0.27

ตัวอย่างแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการ

### เกิดปฏิกิริยาเคมี

แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์

เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่

.....

- ทดลองทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก เพื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากการวัดปริมาตรแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้น จากนั้นผู้ทดลองนำปริมาตรแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นในช่วง 20-60 วินาที เพื่อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา

เวลา (s)	ปริมาตร (cm <sup>3</sup> )
20	0.25
40	0.50
60	0.75
80	1.00
100	1.25
120	1.50

-จากข้อมูลดังกล่าว ผู้ทดลองวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีประเภทใด ควรมีสมการเป็นอย่างไร (ข้อกล่าวอ้าง)

.....

.....

.....

.....

-จงระบุหลักฐานของคำตอบ



		20-60 /40 วินาที	ถูกต้อง แต่ระบุ สมการถูกต้อง	เกิดปฏิกิริยา ทั้งหมด
	หลักฐาน	ระบุหลักฐานที่ เหมาะสม และ เพียงพอที่จะ สนับสนุน ข้อ	ระบุหลักฐานที่ เหมาะสมแต่ ไม่ เพียงพอที่จะ สนับสนุนข้อ	ไม่ระบุหลักฐาน หรือระบุ หลักฐานที่ไม่ได้
ข้อที่	องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ		
		ดีมาก(2)	ดี(1)	พอใช้(0)
		กล่าวอ้าง ดังนี้ จากปฏิกิริยาจะ เห็นว่าในการ ทดลองนำ ปริมาตรแก๊ส ไฮโดรเจนที่ เกิดขึ้นในช่วง 20-60 วินาที มา เพื่อหาอัตราการ เกิดปฏิกิริยา	กล่าวอ้าง รวมถึง หลักฐาน ที่ไม่ เหมาะสมด้วย เช่น จากการ ทดลองไม่ได้วัด ปริมาตรแก๊ส ไฮโดรเจนทั้งหมด แต่วัดเพียงบาง ช่วงเทียบกับเวลา	สนับสนุน ข้อ กล่าวอ้าง เช่น เวลาที่ใช้ใน การเกิดปฏิกิริยา 60 วินาที
	การให้เหตุผล	ระบุการให้ เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อ กล่าวอ้าง โดย เป็นหลักการทาง วิทยาศาสตร์ที่ เหมาะสม และ เพียงพอ การนำ ปริมาตรของ	ระบุการให้ เหตุผลที่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อ กล่าวอ้าง โดย เป็นหลักการทาง วิทยาศาสตร์แต่ ไม่เพียงพอ เช่น การทดลองวัด ปริมาตรแก๊ส	ไม่ระบุการให้ เหตุผลหรือ ระบุ การให้เหตุผล ที่ ไม่เชื่อมโยง หลักฐานกับข้อ กล่าวอ้าง

		ไฮโดรเจนที่ เกิดขึ้นใน ช่วงเวลา 20-60 ไปเทียบกับ ช่วงเวลาที่ใช้ เกิดปฏิกิริยา สอดคล้องกับ นิยามของอัตรา	ไฮโดรเจนทั้งหมด เทียบกับเวลา	
ข้อที่	องค์ประกอบ	ระดับความสามารถ		
		ดีมาก(2)	ดี(1)	พอใช้(0)
		การเกิดปฏิกิริยา ณ ช่วงเวลาใด เวลาหนึ่ง ที่นำ ปริมาณของสาร ผลิตภัณฑ์ที่ เพิ่มขึ้นใน ช่วงเวลานั้นมา เทียบกับช่วง		



ภาคผนวก ค การวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้วิจัย



## แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้

วิชา เคมี3

เรื่อง ความหมายของอัตราการ

เกิดปฏิกิริยาเคมี

แผนการสอนที่ 1

เวลาที่ใช้สอน 1 ชั่วโมง

**คำชี้แจง :** แบบประเมินแผนการจัดการเรียนรู้ฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ท่านซึ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญได้  
 กรูณาพิจารณาความเหมาะสม และความสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการ  
 เรียนรู้

- ระดับ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด  
 ระดับ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก  
 ระดับ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง  
 ระดับ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย  
 ระดับ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยมาก

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
<b>1. สาระสำคัญ</b>						
1.1	สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้					
1.2	สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา					
1.3	สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย					
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>						
2.1	จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ					
2.2	จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน					
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>						
3.1	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ					
3.2	กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน					
3.3	การใช้สถานการณ์ในชั้นที่ 1 ชี้นำเข้าสู่บทเรียน					
3.4	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นที่ 2 ศึกษาและค้นคว้าข้อมูล					
3.5	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นที่ 3 สรุปและอภิปราย					

ข้อ ที่	รายการประเมิน	ความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
3.6	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นที่ 4 ขยายความรู้					
3.7	การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ชั้นที่ 5 สรุปและประเมินผล					
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>						
4.1	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ					
4.2	สื่อ/แหล่งการเรียนรู้ เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน					
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>						
5.1	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้					
5.2	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม					
5.3	การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ แบบวัดสามารถวัดได้จริง					

**ข้อเสนอแนะ**

ด้านเนื้อหา

สาระ.....

.....

.....

.....

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน

สอน.....

.....

.....

.....

ด้านการวัดและ

ประเมินผล.....

.....

.....

.....

ด้านอื่น ๆ (โปรด

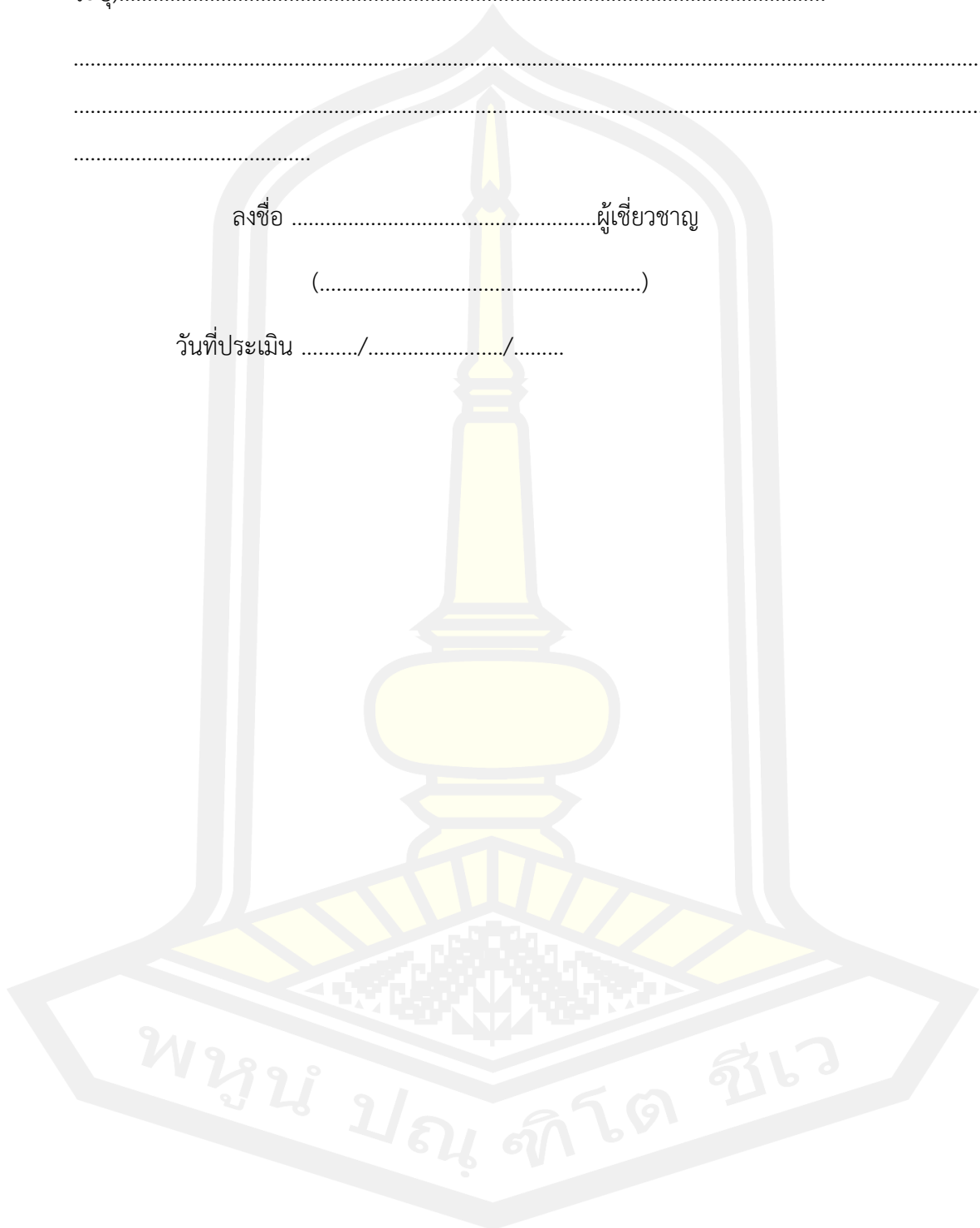
ระบุ).....

.....  
 .....  
 .....

ลงชื่อ ..... ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

วันที่ประเมิน ..... / ..... / .....



ตารางที่ 23 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 1 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สาระสำคัญ</b>							
1.1 สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และระดับชั้นของนักเรียน	5	4	4	5	4		เหมาะสมมาก
3.3 การใช้คำถามในขั้นที่ 1 เพื่อนำเข้าสู่บทเรียน	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 2 เพื่อศึกษาและค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 3 การสรุปและอภิปราย	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 4 การขยายความรู้	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.7 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ขั้นที่ 5 การประเมินผล	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>							

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
4.1 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วัดตรงกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	4	4.6	เหมาะสมมาก
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบวัดสามารถวัดได้จริง	4	5	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 24 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 2 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สาระสำคัญ</b>							
1.1 สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้อง	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
กับจุดประสงค์และ ระดับชั้นของ นักเรียน							
3.3 การใช้คำถาม ในชั้นที่ 1 เพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 2 เพื่อศึกษา และค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 3 การสรุป และอภิปราย	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 การขยาย ความรู้	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.7 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 5 การ ประเมินผล	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>							
4.1 สื่อ/แหล่งการ เรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหาสาระ	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก



รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วัดตรงกับผล การเรียนรู้และ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	4	4.6	เหมาะสมมาก
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบวัด สามารถวัดได้จริง	4	5	4	4	5	4.4	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 25 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 3 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สารสำคัญ</b>							

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
1.1 สารระสำคัญมี ความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.2 สารระสำคัญมี ความชัดเจนใน เนื้อหา	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.3 สารระสำคัญมี ความกระชับเข้าใจ ง่าย	5	5	4	5	4	4.6	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การ เรียนรู้มีความ ชัดเจนครอบคลุม เนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การ เรียนรู้ระบุ ความสามารถที่ ต้องการพัฒนา ชัดเจน	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ เนื้อหาสาระ	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.2 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
ระดับชั้นของ นักเรียน							
3.3 การใช้คำถาม ในชั้นที่ 1 เพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 2 เพื่อศึกษา และค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 3 การสรุป และอภิปราย	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 การขยาย ความรู้	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.7 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 5 การ ประเมินผล	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>							
4.1 สื่อ/แหล่งการ เรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหาสาระ	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วัดตรงกับผล การเรียนรู้และ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	4	4.6	เหมาะสมมาก
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบวัด สามารถวัดได้จริง	4	5	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 26 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 4 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สารละลาย</b>							

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
1.1 สารระสำคัญมี ความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.2 สารระสำคัญมี ความชัดเจนใน เนื้อหา	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.3 สารระสำคัญมี ความกระชับเข้าใจ ง่าย	5	5	4	5	4	4.6	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การ เรียนรู้มีความ ชัดเจนครอบคลุม เนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การ เรียนรู้ระบุ ความสามารถที่ ต้องการพัฒนา ชัดเจน	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ เนื้อหาสาระ	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.2 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
ระดับชั้นของ นักเรียน							
3.3 การใช้คำถาม ในชั้นที่ 1 เพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 2 เพื่อศึกษา และค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 3 การสรุป และอภิปราย	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 การขยาย ความรู้	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.7 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 5 การ ประเมินผล	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>							
4.1 สื่อ/แหล่งการ เรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหาสาระ	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วัดตรงกับผล การเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ใช้เครื่องมือ วัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบวัด สามารถวัดได้จริง	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 27 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สารสำคัญ</b>							

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
1.1 สารระสำคัญมี ความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.2 สารระสำคัญมี ความชัดเจนใน เนื้อหา	4	5	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
1.3 สารระสำคัญมี ความกระชับเข้าใจ ง่าย	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การ เรียนรู้มีความ ชัดเจนครอบคลุม เนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การ เรียนรู้ระบุ ความสามารถที่ ต้องการพัฒนา ชัดเจน	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ เนื้อหาสาระ	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.2 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก



รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
ระดับชั้นของ นักเรียน							
3.3 การใช้คำถาม ในชั้นที่ 1 เพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 2 เพื่อศึกษา และค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 3 การสรุป และอภิปราย	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 การขยาย ความรู้	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.7 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 5 การ ประเมินผล	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>							
4.1 สื่อ/แหล่งการ เรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหาสาระ	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วัดตรงกับผล การเรียนรู้และ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบวัด สามารถวัดได้จริง	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 28 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 6 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สาระสำคัญ</b>							
1.1 สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	4	5	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่ต้องการพัฒนาชัดเจน	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้อง	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
กับจุดประสงค์และ ระดับชั้นของ นักเรียน							
3.3 การใช้คำถาม ในชั้นที่ 1 เพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 2 เพื่อศึกษา และค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 3 การสรุป และอภิปราย	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 การขยาย ความรู้	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.7 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 5 การ ประเมินผล	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>							
4.1 สื่อ/แหล่งการ เรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหาสาระ	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วัดตรงกับผล การเรียนรู้และ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบวัด สามารถวัดได้จริง	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 29 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 7 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สารสำคัญ</b>							

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
1.1 สารระสำคัญมี ความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
1.2 สารระสำคัญมี ความชัดเจนใน เนื้อหา	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.3 สารระสำคัญมี ความกระชับเข้าใจ ง่าย	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การ เรียนรู้มีความ ชัดเจนครอบคลุม เนื้อหาสาระ	5	5	4	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การ เรียนรู้ระบุ ความสามารถที่ ต้องการพัฒนา ชัดเจน	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ เนื้อหาสาระ	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.2 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
ระดับชั้นของ นักเรียน							
3.3 การใช้คำถาม ในชั้นที่ 1 เพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 2 เพื่อศึกษา และค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 3 การสรุป และอภิปราย	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 การขยาย ความรู้	4	4	5	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.7 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 5 การ ประเมินผล	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>							
4.1 สื่อ/แหล่งการ เรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหาสาระ	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วัดตรงกับผล การเรียนรู้และ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบวัด สามารถวัดได้จริง	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก

ตารางที่ 30 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 8 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สารสำคัญ</b>							



รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
1.1 สารระสำคัญมี ความสอดคล้องกับ ผลการเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.2 สารระสำคัญมี ความชัดเจนใน เนื้อหา	4	5	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.3 สารระสำคัญมี ความกระชับเข้าใจ ง่าย	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การ เรียนรู้มีความ ชัดเจนครอบคลุม เนื้อหาสาระ	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การ เรียนรู้ระบุ ความสามารถที่ ต้องการพัฒนา ชัดเจน	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ เนื้อหาสาระ	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.2 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
ระดับชั้นของ นักเรียน							
3.3 การใช้คำถาม ในชั้นที่ 1 เพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 2 เพื่อศึกษา และค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 3 การสรุป และอภิปราย	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 การขยาย ความรู้	4	4	5	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.7 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 5 การ ประเมินผล	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
<b>4. สื่อ/แหล่งการเรียนรู้</b>							
4.1 สื่อ/แหล่งการ เรียนรู้เหมาะสมกับ เนื้อหาสาระ	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
4.2 สื่อ/แหล่งการเรียนรู้เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน	5	5	4	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
<b>5. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
5.1 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้วัดตรงกับผล การเรียนรู้และ จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
5.2 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
5.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้แบบวัด สามารถวัดได้จริง	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก







ตารางที่32 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชาเคมี 3 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนที่ 10 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
<b>1. สาระสำคัญ</b>							
1.1 สาระสำคัญมีความสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
1.2 สาระสำคัญมีความชัดเจนในเนื้อหา	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก
1.3 สาระสำคัญมีความกระชับเข้าใจง่าย	5	5	5	5	4	4.8	เหมาะสมมาก
<b>2. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>							
2.1 จุดประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนครอบคลุมเนื้อหาสาระ	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
2.2 จุดประสงค์การเรียนรู้ระบุความสามารถที่	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อแผนจัดการเรียนรู้					ค่าเฉลี่ย	ความเหมาะสม
	1	2	3	4	5		
ต้องการพัฒนา ชัดเจน							
<b>3. กระบวนการจัดการเรียนรู้</b>							
3.1 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ เนื้อหาสาระ	5	4	5	4	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.2 กิจกรรมการ เรียนรู้สอดคล้อง กับจุดประสงค์และ ระดับชั้นของ นักเรียน	5	4	4	5	4		เหมาะสมมาก
3.3 การใช้คำถาม ในชั้นที่ 1 เพื่อ นำเข้าสู่บทเรียน	5	5	5	5	5	5	เหมาะสมมาก
3.4 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 2 เพื่อศึกษา และค้นคว้า	5	4	5	5	5	4.8	เหมาะสมมาก
3.5 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 3 การสรุป และอภิปราย	5	4	4	5	5	4.6	เหมาะสมมาก
3.6 การออกแบบ กิจกรรมการเรียนรู้ ชั้นที่ 4 การขยาย ความรู้	5	5	5	4	5	4.8	เหมาะสมมาก





**ตารางที่ 33** แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อ ที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวมคะแนน	ค่าดัชนี ความ สอดคล้อง	สรุปผล การประเมิน
		1	2	3	4	5			
1.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
2.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
3.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
4.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

ตารางที่34 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบการสร้างคำอธิบายทาง  
วิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5  
ท่าน

ข้อที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม คะแนน	ค่าดัชนี ความ สอดคล้อง	สรุปผล การประเมิน
		1	2	3	4	5			
5.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
6.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
7.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
8.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	0	+1	4	0.80	สอดคล้อง
9.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
10.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
11.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
12.	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

ข้อที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม คะแนน	ค่าดัชนี ความ สอดคล้อง	สรุปผล การประเมิน
		1	2	3	4	5			
13	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
14	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
15	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
16	ข้อกล่าวอ้าง	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	หลักฐาน	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
	การให้เหตุผล	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

ตารางที่ 35 แสดงผลการประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์แบบทดสอบความสามารถในการสร้าง  
คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมี  
ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อ ที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม คะแนน	ค่าดัชนี ความ สอดคล้อง	สรุปผล การประเมิน
		1	2	3	4	5			
1	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
2	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
3	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด

ข้อ ที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม คะแนน	ค่าดัชนี ความ สอดคล้อง	สรุปผล การประเมิน
		1	2	3	4	5			
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
4	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
5	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	4	4	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
6	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	4	4	22	4.40	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
7	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
8	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	4	4	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	4	4	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	4	4	23	4.60	เหมาะสมมากที่สุด
9	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
10	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	4	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
11	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
12	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด

ข้อ ที่	องค์ประกอบ	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวม คะแนน	ค่าดัชนี ความ สอดคล้อง	สรุปผล การประเมิน
		1	2	3	4	5			
	หลักฐาน	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	4	5	24	4.80	เหมาะสมมากที่สุด
13	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
14	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
15	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
16	ข้อกล่าวอ้าง	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	หลักฐาน	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
	การให้เหตุผล	5	5	5	5	5	25	5.00	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ยรวม		4.89	4.93	4.95	4.73	4.87	24.60	4.94	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ 36 แสดงผลการประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน

ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวมคะแนน	ค่าดัชนี ความ สอดคล้อง	สรุปผล การประเมิน
	1	2	3	4	5			
1.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
2.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
3.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
4.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

ข้อ ที่	ผู้เชี่ยวชาญคนที่					รวมคะแนน	ค่าดัชนี ความ สอดคล้อง	สรุปผล การประเมิน
	1	2	3	4	5			
5.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
6.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
7.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
8.	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
9.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
10.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
11.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
12.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
13.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
14.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
15.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
16.	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
17.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
18.	+1	0	+1	+1	+1	4	0.8	สอดคล้อง
19.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
20.	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
21.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
22.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
23.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
24.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
25.	+1	+1	+1	0	+1	4	0.8	สอดคล้อง
26.	+1	+1	+1	+1	0	4	0.8	สอดคล้อง
27.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
28.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
29.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง
30.	+1	+1	+1	+1	+1	5	1	สอดคล้อง

**ตารางที่ 37** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
1.	0.73	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
2.	0.71	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
3.	0.76	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
4.	0.80	ใช้ได้	0.68	ใช้ได้	ใช้ได้
5.	0.71	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
6.	0.70	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
7.	0.70	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
8.	0.71	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
9.	0.73	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
10.	0.70	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้
11.	0.66	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้
12.	0.68	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
13.	0.62	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
14.	0.64	ใช้ได้	0.64	ใช้ได้	ใช้ได้
15.	0.63	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้
16.	0.71	ใช้ได้	0.65	ใช้ได้	ใช้ได้

เลือกข้อสอบจำนวน 8 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าความยาก ( $p$ ) อยู่ในช่วง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ มีค่าเท่ากับ 0.97

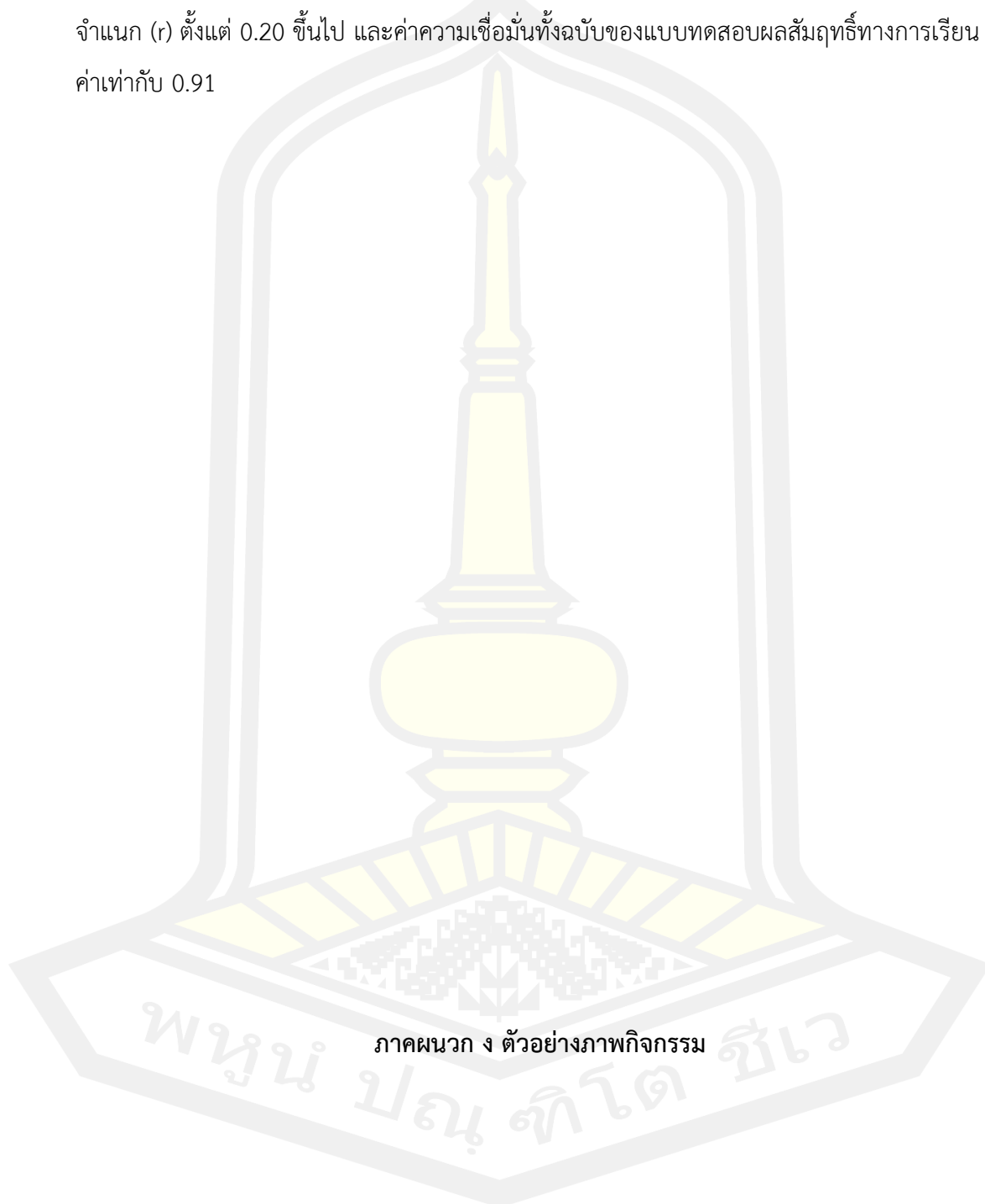
**ตารางที่ 38** แสดงผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกและค่าความยากง่ายของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
1	0.88	ใช้ได้	0.63	ใช้ได้	ใช้ได้



ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก	แปลผล	ค่าความยากง่าย	แปลผล	สรุป
2	0.70	ใช้ได้	0.77	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.75	ใช้ได้	0.80	ใช้ได้	ใช้ได้
4	0.70	ใช้ได้	0.77	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.75	ใช้ได้	0.80	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.43	ใช้ได้	0.46	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.77	ใช้ได้	0.51	ใช้ได้	ใช้ได้
8	0.99	ใช้ได้	0.74	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.88	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.82	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.93	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.76	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.59	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.26	ใช้ได้	0.37	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.59	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
16	0.65	ใช้ได้	0.63	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.70	ใช้ได้	0.77	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.47	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.59	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.49	ใช้ได้	0.43	ใช้ได้	ใช้ได้
21	0.53	ใช้ได้	0.74	ใช้ได้	ใช้ได้
22	0.48	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้
23	0.47	ใช้ได้	0.71	ใช้ได้	ใช้ได้
24	0.77	ใช้ได้	0.57	ใช้ได้	ใช้ได้
25	0.65	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.37	ใช้ได้	0.60	ใช้ได้	ใช้ได้
27	0.60	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
28	0.65	ใช้ได้	0.69	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.48	ใช้ได้	0.54	ใช้ได้	ใช้ได้
30	0.82	ใช้ได้	0.66	ใช้ได้	ใช้ได้

เลือกข้อสอบจำนวน 25 ข้อไปใช้จริง ซึ่งมีค่าความยาก ( $p$ ) อยู่ในช่วง 0.20-0.80 และค่าอำนาจ  
จำแนก ( $r$ ) ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มี  
ค่าเท่ากับ 0.91













## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายอภิวัฒน์ โชติมุข
วันเกิด	7 ธันวาคม พ.ศ. 2539
สถานที่เกิด	อ. เมือง จ.ร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	43 หมู่ 11 ต.นิคมคำสร้อย อ.นิคมคำสร้อย จ.มุกดาหาร 49130
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2557 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมุกดาหาร อ.เมือง จ.มุกดาหาร พ.ศ. 2562 ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาเคมี คณะ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ. 2565 ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) สาขาการสอน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-

พูน ปณู ทิโต ชีเว