


ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์  
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

พิไลวรรณ พรรณขาม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
กรกฎาคม 2560  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา


คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา  
วิทยานิพนธ์ของ พิไลวรรณ พรรณงาม ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

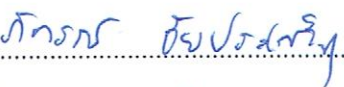
..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก  
(ดร.กิตติมา พันธุ์พุกษา)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน  
(รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณั์ เพชรชื่น)

..... กรรมการ  
(ดร.กิตติมา พันธุ์พุกษา)

..... กรรมการ  
(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

..... กรรมการ  
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิจิต สุรัตน์เรืองชัย)

วันที่ 19 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2560

งานวิจัยนี้ได้รับทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทาง  
วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งจาก  
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.กิตติมา พันธุ์พุกษา และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ  
ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางในการดำเนินงาน ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทั้งยังคอย  
ให้กำลังใจและดูแลเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณ  
เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ พชรชื่น ประธานสอบวิทยานิพนธ์  
ดร.สมศิริ สิงห์หลพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลามาร่วมสอบวิทยานิพนธ์  
รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์หลพ  
อาจารย์หวานใจ โบบทอง อาจารย์อัญมณี พุททมงคล และอาจารย์ศิริพร นันทชัย ที่ได้ให้  
ความอนุเคราะห์เสียสละเวลาในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้  
พร้อมทั้งให้คำแนะนำ แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้องและ  
สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ ผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ชลบุรี  
อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการหาคุณภาพของเครื่องมือและเก็บข้อมูล  
ในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2559 ที่ให้ความร่วมมือ  
ตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัยเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์  
และคณิตศาสตร์ (สควค.) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)  
กระทรวงศึกษาธิการ ที่สนับสนุนทุนการศึกษาจนจบการศึกษา

ขอขอบคุณ เพื่อนนิสิตระดับบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้ให้  
กำลังใจ และความช่วยเหลือซึ่งกันและกันมาโดยตลอด

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูแด่เวทิตาแต่บิดา มารดา  
ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรม สั่งสอน ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และ  
เป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

พิไลวรรณ พรรณขาม

58910049: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)

คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ/  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน/ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

พิไลวรรณ พรรณงาม: ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (EFFECTS OF INQUIRY-BASED LEARNING (5E) EMPHASIZING CRITICAL THINKING IN ORGANIC CHEMISTRY ON LEARNING ACHIEVEMENT AND CRITICAL THINKING ABILITIES OF ELEVENTH GRADE STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กิตติมา พันธุ์พุกษา, กศ.ด., ภัทรกร ชัยประเสริฐ, ปร.ด. 237 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน การปฏิบัติตามแผน การสังเกตผล และการสะท้อนผล ซึ่งกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬาราชมนตรีวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 34.50 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นร้อยละ 47.33 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง

58910049: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)

KEY WORDS: INQUIRY-BASED LEARNING (5E) EMPHASIZING CRITICAL THINKING/ LEARNING ACHIEVEMENT/ CRITICAL THINKING ABILITIES

PILAIWAN PANNAKHAM: EFFECTS OF INQUIRY-BASED LEARNING (5E) EMPHASIZING CRITICAL THINKING IN ORGANIC CHEMISTRY ON LEARNING ACHIEVEMENT AND CRITICAL THINKING ABILITIES OF ELEVENTH GRADE STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: KITTIMA PANPRUEKSA, Ed.D., PATTARAPORN CHAIPRASERT, Ph.D. 237 P. 2017.

The purposes of this research were to study effects of inquiry-based learning (5E) emphasizing critical thinking in organic chemistry on learning achievement and critical thinking abilities of eleventh grade students. This research was a classroom action research which composed of 4 steps; planning, action, observation, and reflection. The participants consisted of 24 eleventh grade students in the second semester of the 2016 academic year at Princess Chulabhorn's College, Chonburi. The research instruments were lesson plans based on inquiry-based learning (5E) emphasizing critical thinking in organic chemistry, learning achievement test, and critical thinking abilities test. The data were analyzed by percentage, mean, standard deviation, measuring development score, and descriptive analysis. The research results revealed that:

1. The learning achievement development scores after using inquiry-based learning (5E) emphasizing critical thinking in organic chemistry were at intermediate level with 34.50%.
2. The critical thinking abilities development scores after using inquiry-based learning (5E) emphasizing critical thinking in organic chemistry were at intermediate level with 47.33%.

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง .....	ฌ
สารบัญภาพ .....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
คำถามการวิจัย.....	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย .....	5
ขอบเขตของการวิจัย .....	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	6
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
หลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557) .....	11
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	26
การคิดอย่างมีวิจารณญาณ .....	48
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ .....	69
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	70
คะแนนพัฒนาการ .....	78
การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน .....	79
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	88
3 วิธีดำเนินการวิจัย .....	93
กลุ่มเป้าหมาย .....	93
รูปแบบการวิจัย .....	93

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	94
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	94
วิธีการดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล .....	107
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	108
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	109
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	113
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	113
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	134
สรุปผลการวิจัย .....	134
อภิปรายผลการวิจัย .....	135
ข้อเสนอแนะ .....	140
บรรณานุกรม .....	142
ภาคผนวก .....	149
ภาคผนวก ก .....	150
ภาคผนวก ข .....	155
ภาคผนวก ค .....	196
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....	237



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2-1 โครงสร้างรายวิชาอินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุลระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 .....	14
2-2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ .....	23
2-3 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ .....	42
2-4 บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ .....	44
3-1 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ .....	95
3-2 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่ปรับแก้จาก ผู้เชี่ยวชาญ .....	98
3-3 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	100
3-4 โครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ .....	105
4-1 คะแนนพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ .....	114
4-2 คะแนนพัฒนาการด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ .....	118
4-3 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 .....	123
4-4 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 .....	126
4-5 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และ 6 .....	129
4-6 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรหลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3 .....	132
ค-1 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (แอลเคน, แอลคีน, แอลไคน์) .....	197
ค-2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (เบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีน) .....	199

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ค-3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์) .....	201
ค-4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (แอลดีไฮด์และคีโตน)....	203
ค-5 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์).....	205
ค-6 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (เอมีนและเอไมด์).....	207
ค-7 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้ .....	209
ค-8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม .....	213
ค-9 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัด..... ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	216
ค-10 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และข้อคำถาม .....	218
ค-11 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ .....	220
ค-12 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	221

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	6
2-1 วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ชั้น ตามแนวคิดของ Eisenkraft.....	33
2-2 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ .....	37
2-3 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ที่เกิดจากการประยุกต์ใช้.....	39
2-4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ .....	41
2-5 แผนผังการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด .....	68
2-6 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis & McTaggart .....	82
2-7 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer .....	82
2-8 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Coghlan & Brannick.....	84
2-9 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Susman.....	86
2-10 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ O'Lery.....	87
4-1 ระดับพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ .....	117
4-2 ระดับพัฒนาการด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ .....	121
4-3 กราฟแสดงระดับคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3.....	133

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญที่เกี่ยวข้องกับชีวิตของทุกคนทั้งการดำรงชีวิตประจำวัน ในการทำงานอาชีพต่าง ๆ เครื่องมือเครื่องใช้ตลอดจนผลผลิตต่าง ๆ ที่ใช้เพื่ออำนวยความสะดวก ในชีวิตและในการทำงาน นอกจากนี้ยังทำให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการค้นหาความรู้ และมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย วิทยาศาสตร์เป็น วัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge based society) ทุกคนจึง จำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy for all) เพื่อที่จะมีความรู้ความ เข้าใจโลกธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2552, หน้า 1) ซึ่งความรู้วิทยาศาสตร์ไม่เพียงแต่ นำมาใช้ในการพัฒนาคุณภาพชีวิตที่ดีแต่ยังช่วยให้มนุษย์มีความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ การดูแลรักษา ตลอดจนการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติ อย่างสมดุลและที่สำคัญอย่างยิ่งคือความรู้วิทยาศาสตร์ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนา เศรษฐกิจ สามารถแข่งขันกับนานาประเทศ และดำเนินชีวิตอยู่ร่วมกันในสังคมโลกได้อย่าง มีความสุข (นิจุสุดา อภินันท์ทากรณ์, 2555, หน้า 2-11) ดังนั้น เยาวชนจึงต้องได้รับการเตรียม ความพร้อมทางด้านวิทยาศาสตร์ซึ่งการเตรียมความพร้อมไม่จำกัดเพียงให้มีความรู้ที่ได้เรียน ในโรงเรียนเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงความสามารถในการใช้ความรู้และทักษะในสถานการณ์หรือ บริบทต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวางในชีวิตจริงและในอนาคต นอกจากนี้ยังเป็นที่ยอมรับกันอย่าง กว้างขวางว่า เศรษฐกิจที่มั่นคงมีพื้นฐานอยู่บนคุณภาพของการศึกษาที่ดี การแข่งขันทางเศรษฐกิจ จึงผลักดันให้มีการตื่นตัวทางการศึกษา โดยมีการแข่งขัน เร่งรัดการปฏิรูปการศึกษาที่เน้นให้ นักเรียนมีศักยภาพในการแข่งขันที่สูงขึ้น ตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2560-2564 (สุนีย์ คล้ายนิล, 2555)

การจัดการเรียนการสอนตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2553 ในมาตรา 24 ข้อ (2) และ (3) ที่ระบุเกี่ยวกับการจัดกระบวนการเรียนรู้ไว้ว่าให้สถานศึกษาและหน่วยงาน ที่เกี่ยวข้องดำเนินการฝึกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ปัญหา และจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง

ฝึกปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น รักการอ่าน และเกิดการใฝ่รู้อย่างต่อเนื่อง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553, หน้า 9-10) ซึ่งสอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ มีความรู้ความสามารถในการสื่อสาร การคิดแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต รวมทั้งได้กำหนดสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนให้มีความสามารถในการคิด ได้แก่ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศ เพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 5-7) ด้วยเหตุนี้ทุกภาคส่วนจึงต้องให้ความสำคัญในการพัฒนาเยาวชนให้มีทักษะการคิดในทุกสาขาวิชา โดยเฉพาะทักษะการคิดในระดับสูง เพื่อให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพทางสังคมและสามารถเข้าสู่ระบบการแข่งขันในเวทีโลกได้

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี เป็น โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคที่ให้ความสำคัญกับการศึกษาโดยเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีความเป็นเลิศทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อเป็นพื้นฐานในการเร่งรัดการผลิตและพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและนวัตกรรม ให้มีปริมาณและคุณภาพสอดคล้องกับความต้องการของประเทศ ที่สามารถทำการวิจัยและพัฒนาเพื่อสร้างความรู้และนวัตกรรมได้ และเป็นการยกระดับการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นด้วย (กลุ่มงานหลักสูตรและนิเทศการศึกษา, 2557) ซึ่งจากการที่ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์คุณครูประจำรายวิชาเคมี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความรู้พื้นฐานที่ดีอยู่แล้ว เนื่องจากนักเรียนที่เข้ามาเรียนล้วนเป็นผู้ที่มีความสามารถพิเศษด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (หวานใจ โบบทอง, สัมภาษณ์, 10 กุมภาพันธ์ 2559) ดังนั้น หน้าที่ของครูจึงต้องส่งเสริม พัฒนาให้นักเรียนมีกระบวนการคิด ทักษะการคิดในระดับที่สูงขึ้นไป

เคมีอินทรีย์เป็นหนึ่งในเนื้อหาของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในวิชาเคมี ซึ่งเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต เป็นพื้นฐานกระบวนการของสิ่งมีชีวิตบนโลก โดยปัจจุบันได้มีการนำความรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์ ไปใช้อย่างมากมายทั้งในด้านอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี ด้านการแพทย์ และด้านการเกษตร ซึ่งมีทั้งประโยชน์และโทษ ดังนั้น จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องรู้จักพิจารณา เลือกลงใช้ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล และนำความรู้เรื่อง เคมีอินทรีย์ ไปใช้ในทางที่เป็นประโยชน์ ดังนั้น ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการศึกษา เรื่อง เคมีอินทรีย์

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ ความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล เป็นกระบวนการทางความคิดที่นำความรู้ที่มีอยู่มาใช้ในการหาข้อสรุป โดยผ่านการใคร่ครวญมาแล้วอย่างรอบคอบ สมเหตุสมผลมากที่สุด ซึ่งในยุคปัจจุบันเป็นยุคที่สังคมกำลัง

เปลี่ยนแปลงจากยุคอุตสาหกรรมเข้าสู่ยุคข้อมูลข่าวสารและความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี (Information and technology society) ทำให้มนุษย์ต้องรู้จักคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อให้สามารถเลือกรับข้อมูลข่าวสารและใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม และมีประโยชน์อย่างสูงสุดกับตนเอง มากขึ้น (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556) การปลูกฝังการคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง ในระบบการศึกษา ซึ่งกลยุทธ์ทางความคิดประเภทนี้จะช่วยให้ความคิดมีประสิทธิภาพ มีความยืดหยุ่นนอกเหนือไปจากความสามารถในการพิจารณาข้อมูล ที่จะช่วยให้เยาวชนเติบโต เป็นพลเมืองของชาติที่สามารถยืนอยู่ได้ด้วยความคิดของตนเอง ซึ่งในปัจจุบันวงการศึกษาก็ได้ให้ความสำคัญกับทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์, 2555 ก) โดยมีการเปลี่ยนแปลง กระบวนการจัดการเรียนรู้จากที่เน้นครูเป็นศูนย์กลาง (Teacher-centered) มาเป็นการจัดการเรียนรู้ ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered) หรือการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสำคัญที่สุด ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากกว่าเรียนรู้จากความรู้ของผู้อื่น ทำให้นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการคิด การวิเคราะห์ และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจาก การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นการคิดที่ลุ่มลึกที่ต้องใช้ทักษะความคิดรวบยอด การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินข้อมูล ซึ่งข้อมูลที่ได้มาต้องผ่าน ทักษะกระบวนการรวบรวมข้อมูลที่เป็นระบบ เชื่อมโยงได้จากประสบการณ์ที่ดี จากการสังเกต การสื่อสาร การให้เหตุผล และการสะท้อนกลับข้อมูลอย่างชัดเจน จนสรุปเป็นความคิดรวบยอด ที่เป็นจริงตรงตามจุดมุ่งหมาย สอดคล้องกับปัญหาและสถานการณ์ที่เป็นจริงในทางสังคม ซึ่งรวมถึงการดำเนินชีวิตประจำวันของตนเอง การมีส่วนร่วมทางสังคม การมีส่วนร่วมทางการเมือง การเต็มใจยอมรับกฎกติกาทางสังคม การเปิดใจยอมรับความคิด มุมมองใหม่ ๆ หรือความคิดเห็น ที่แตกต่าง ยอมรับการวิพากษ์วิจารณ์ และนำความคิดที่หลากหลายเหล่านี้มาบูรณาการความคิดและ ปรับให้เหมาะสม (ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556) ซึ่งสอดคล้องกับกำหนดมาตรฐานเพื่อ การประเมินคุณภาพการศึกษา มาตรฐานที่ 4 คือ ผู้เรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความคิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรองและมีวิสัยทัศน์ (สำนักงาน รับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน), 2549, หน้า 4)

การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry-based learning) เป็นที่รู้จักกันมานาน จากพื้นฐานปรัชญาการเรียนรู้ด้วยการปฏิบัติ “Learning by doing” ของ จอห์น ดิวอี้ (John Dewey) การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการ พัฒนาให้ผู้เรียนได้รับความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเอง ปลูกฝังให้ผู้เรียนสามารถเสาะหาความรู้ หรือวิเคราะห์ข้อมูลได้โดยเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ในวิชาวิทยาศาสตร์นอกจากจะมีเป้าหมายเพื่อองค์ความรู้และกระบวนการ

เรียนรู้แล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่ได้คือการพัฒนาส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ (Learning skills) จิตวิทยาศาสตร์ (Scientific mind/ Scientific attitude) และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ (Attitude toward sciences) นอกจากนี้ยังสามารถพัฒนาความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ รวมทั้งทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, media and technology skills) ซึ่งเหล่านี้ล้วนเป็นทักษะการเรียนรู้ที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 ทางด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and innovation skills) (ฐาปนະพงษ์ ทะนันชัย, ม.ป.ป.) ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยของ วราภรณ์ ศรีวิโรจน์ (2557) พบว่าการสอนแบบเน้นการบูรณาการ การฝึกอบรวมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และการเรียนรู้แบบร่วมมือ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และจากงานวิจัยของ สุพลา ทองแป้น (2552) ซึ่งพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ในงานวิจัยของ ทศน์วรรณ ประจันตะเสน (2551) ยังพบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาใช้ในการเรียนการสอน เรื่อง เคมีอินทรีย์ ซึ่งเป็นเรื่องที่มีเนื้อหาจำนวนมาก ยากที่จะเข้าใจ จึงเหมาะกับการศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์
2. เพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์

## คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หรือไม่อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ส่งผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หรือไม่อย่างไร

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. นักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้ ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของตนเองในรายวิชาวิทยาศาสตร์
2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หรือกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการเรียนการสอนของตนเอง
3. ได้แนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมี เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

## ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมาย
 

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 24 คน โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี
2. ตัวแปรที่ศึกษา
  - 2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
  - 2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย
 

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

  - 3.1 สารประกอบไฮโดรคาร์บอน



3.2 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ

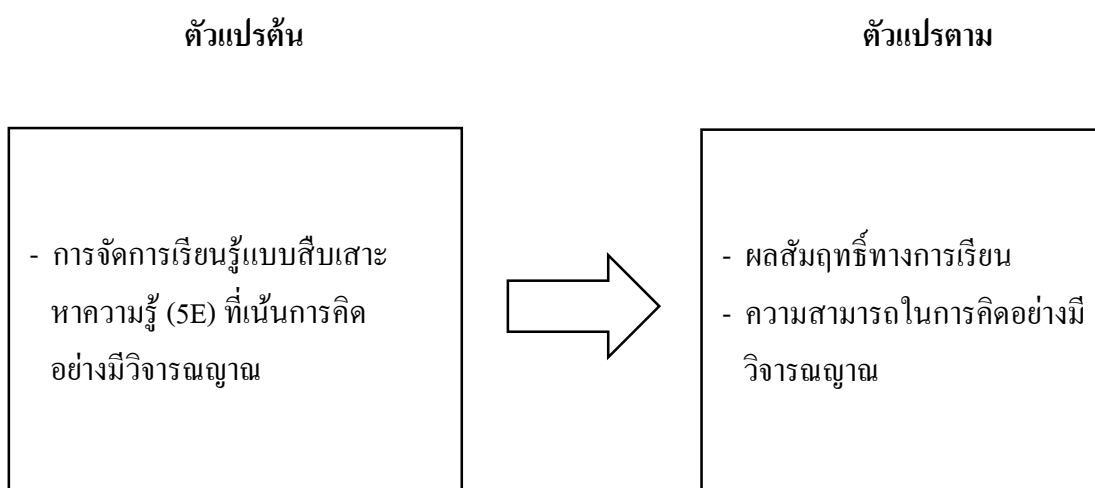
3.3 สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ใช้เวลาในการทดลอง 22 คาบ 8 สัปดาห์

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ นำเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หมายถึง กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา ให้โอกาสแก่ผู้เรียน ได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ ฝึกสร้างองค์ความรู้ โดยมีครูเป็นผู้กำกับควบคุม ดำเนินการให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ เป็นผู้กระตุ้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิดและเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ โดยกิจกรรมแต่ละขั้นตอนมีสาระสำคัญ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น

หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยแทรกกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 4 ด้าน ลงในขั้นที่ 4 คือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสารสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

- ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์
- ด้านการรวบรวมข้อมูล
- ด้านการประมวลผลข้อมูล
- ด้านการลงข้อสรุป

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ความสามารถของผู้เรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ แบ่งตามแนวคิดด้านพุทธิพิสัยของบลูม 6 ด้าน คือ ด้านความรู้-ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ด้านการวิเคราะห์ ด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า สามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดของคำถามที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งในงานวิจัยนี้ คือ ชุดคำถามที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

5. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล เป็นขั้นตอนทางความคิดที่นำความรู้ที่มีอยู่มาใช้ในการหาข้อสรุป โดยผ่านการใคร่ครวญมาแล้วอย่างรอบคอบ สมเหตุสมผลมากที่สุด ซึ่งมีกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

5.1 ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ เพื่อที่จะสามารถระบุปัญหา ประเด็นที่สำคัญ สาเหตุสำคัญ หรือจุดเด่นของสถานการณ์นั้น ๆ ได้

5.2 ด้านการรวบรวมข้อมูล คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ เพื่อแยกแยะความเหมือน ความแตกต่างของข้อมูล และพิจารณาถึงความเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ ได้

5.3 ด้านการประมวลผลข้อมูล คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลรวบรวมข้อมูล อันนำไปสู่การจัดระบบข้อมูล เพื่อตัดสินใจว่าข้อมูลหรือประเด็นที่ต้องการพิจารณานั้น เป็นจริงหรือไม่เป็นจริง มีความน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ ได้อย่างมีเหตุผล

5.4 ด้านการลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏอย่างเป็นระบบ เพื่อรวบรวมหรือจับใจความสำคัญของข้อมูลหรือสถานการณ์นั้น ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผลมากที่สุด

ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ หมายถึง ชุดของคำถามหรือแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งครอบคลุมกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 4 ด้าน คือ

6.1 ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ เพื่อที่จะสามารถระบุปัญหา ประเด็นที่สำคัญ สารสำคัญ หรือจุดเด่นของสถานการณ์นั้น ๆ ได้

6.2 ด้านการรวบรวมข้อมูล คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ เพื่อแยกแยะความเหมือน ความแตกต่างของข้อมูล และพิจารณาถึงความเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ ได้

6.3 ด้านการประมวลผลข้อมูล คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลรวบรวมข้อมูล อันนำไปสู่การจัดระบบข้อมูล เพื่อตัดสินใจว่าข้อมูลหรือประเด็นที่ต้องการพิจารณานั้น เป็นจริงหรือไม่เป็นจริง มีความน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ ได้อย่างมีเหตุผล

6.4 ด้านการลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏอย่างเป็นระบบ เพื่อรวบรวมหรือจับใจความสำคัญของข้อมูลหรือสถานการณ์นั้น ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผลมากที่สุด

ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ โดยมีสถานการณ์กำหนดให้ 3 สถานการณ์ ซึ่งแต่ละสถานการณ์จะมีข้อคำถามที่ครอบคลุมกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 4 ด้าน

7. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน หมายถึง กระบวนการศึกษาหรือแสวงหาข้อเท็จจริง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปอันนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น

ในชั้นเรียน และเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีขั้นตอนการวิจัย  
ในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Plan) เป็นขั้นวิเคราะห์ปัญหา และกำหนดแนวทางในการจัด  
การเรียนการสอนไว้ล่วงหน้า โดยผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้น  
 การคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติตามแผน (Action) เป็นขั้นที่ลงมือปฏิบัติการเรียนการสอนตาม  
 แผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือแผนที่  
 กำหนดไว้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 แผน คือ แผนที่ 1 และ 2 นำไปใช้ในวงจรที่ 1  
 แผนที่ 3 และ 4 นำไปใช้ในวงจรที่ 2 แผนที่ 5 และ 6 นำไปใช้ในวงจรที่ 3

ขั้นที่ 3 การสังเกตผล (Observe) เป็นขั้นสังเกตผลที่เกิดขึ้นรวมทั้งปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น  
 ภายหลังจากปฏิบัติการเรียนการสอน และเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบทดสอบ บันทึกหลัง  
 การสอนของครู และแบบสังเกตพฤติกรรม

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflect) เป็นขั้นที่นำข้อมูลจากขั้นการสังเกตผลมาสรุป และ  
 วิเคราะห์ในประเด็นต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผน และปรับปรุงการจัดการเรียนการสอน  
 ในวงจรต่อไป

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบการสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมี  
วิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมี  
วิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557)
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
3. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ
4. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
6. คะแนนพัฒนาการ
7. การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554  
(ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557)**

**1. วิสัยทัศน์ พันธกิจ และอุดมการณ์ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค (กลุ่มงาน  
หลักสูตรและนิเทศการศึกษา, 2557)**

#### วิสัยทัศน์

เป็นโรงเรียนที่จัดการศึกษาสำหรับนักเรียนที่มีศักยภาพสูงหรือมีความสามารถพิเศษ  
ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 มีจุดเน้นสำหรับนักเรียนกลุ่มที่  
ขาดแคลนทุนทรัพย์ในพื้นที่รับผิดชอบ จัดการศึกษาในลักษณะ โรงเรียนประจำให้มีคุณภาพ  
ทัดเทียมกับโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ ผู้เรียนมีจิตวิญญาณของการเป็นนักวิจัยและ  
นักประดิษฐ์ คิดค้น มีสุขภาพพลานามัยที่ดี มีคุณธรรมจริยธรรม รักการเรียนรู้ มีความเป็นไทย  
มีความมุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วม โลกและธรรมชาติ

### พันธกิจ

ศึกษาค้นคว้าวิจัยพัฒนาและร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนทั้งในและต่างประเทศ เพื่อดำเนินการบริหารและจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาทั้งตอนต้นและตอนปลาย ที่มุ่งเน้นความเป็นเลิศด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในลักษณะของโรงเรียนประจำสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ และเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อยโอกาสและขาดแคลนทุนทรัพย์เป็นพิเศษ เพื่อเป็นต้นแบบ สามารถขยายผลในวงกว้างได้

### อุดมการณ์

โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคเป็นโรงเรียนที่มีจุดมุ่งหมายพิเศษ จัดการศึกษาให้กับนักเรียนผู้มีความสามารถสูงหรือมีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย อุดมการณ์ในการพัฒนานักเรียนของโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย กำหนดทำนองเดียวกับของโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ โดยมุ่งส่งเสริมและพัฒนานักเรียนให้ ดังนี้

1. เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยในตนเอง ปฏิบัติตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ มีคุณธรรมจริยธรรม มีบุคลิกภาพที่ดี และมีความเป็นผู้นำ
2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ อย่างลึกซึ้ง ในระดับเดียวกันกับนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ
3. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีจิตวิญญาณของความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้น และนักพัฒนาที่ดีด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในระดับเดียวกันกับนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ
4. รักการเรียนรู้ รักการอ่าน รักการเขียน รักการค้นคว้าอย่างเป็นระบบ มีความรอบรู้ และสามารถบูรณาการความรู้ได้
5. มีความรู้ และทักษะการใช้ภาษาต่างประเทศ และเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในระดับเดียวกันกับนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ
6. มีจิตสำนึกในเกียรติภูมิของความเป็นไทย มีความเข้าใจและภูมิใจในประวัติศาสตร์ของชาติ มีความรักและความภาคภูมิใจในชาติบ้านเมืองและท้องถิ่น เป็นพลเมืองดี ยึดมั่นในการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

7. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ภาษาไทย ศิลปวัฒนธรรมไทย ประเพณีไทย และ ภูมิปัญญาไทย ตลอดจนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลก และธรรมชาติ

8. มีจิตมุ่งที่จะทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามให้กับสังคม มีความรับผิดชอบต่อสังคม ต้องการตอบแทนบ้านเมืองตามความสามารถของตนอย่างต่อเนื่อง

9. มีสุขภาพอนามัยที่ดี รักการออกกำลังกาย รู้จักดูแลตนเองให้เข้มแข็งทั้งกายและใจ ทั้งนี้ เพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์คิดค้นด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความสามารถระดับสูงเยี่ยมในระดับเดียวกันกับนักวิจัยชั้นนำของนานาชาติ และมีจิตวิญญูณมุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ สามารถสร้างองค์ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีให้กับประเทศชาติและสังคมไทยในอนาคต ช่วยพัฒนาประเทศชาติให้สามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก ให้เป็นสังคมผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น สร้างสังคมแห่งภูมิปัญญาและการเรียนรู้ สังคมแห่งคุณภาพและแข่งขันได้ และสังคมที่ยั่งยืนพอเพียง มีความสมานฉันท์เอื้ออาทรต่อกัน

## 2. โครงสร้างรายวิชาอินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุล ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557) กำหนดโครงสร้างรายวิชาอินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุล ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังในตารางที่ 2-1



ตารางที่ 2-1 โครงสร้างรายวิชาอินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุลระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 1 รายวิชาจลนศาสตร์เคมีและสมดุลเคมี		
ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1/(1-3)	<b>บทที่ 1 จลนศาสตร์เคมี</b> <b>1. ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</b> 1.1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 1.2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย 1.3 อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใด ขณะหนึ่ง <b>การทดลอง เรื่อง การหาอัตรา            การเกิดปฏิกิริยา</b>	- อธิบายความหมายของอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีและคำนวณหา อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2/(4-6)	<b>2. แนวคิดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี</b> 2.1 ทฤษฎีการชน 2.2 ทฤษฎีสารเชิงซ้อนกัมมันต์ 2.3 พลังงานก่อกัมมันต์ 2.4 พลังงานกับการดำเนินไปของ ปฏิกิริยาเคมี (ปฏิกิริยาคูดความร้อน และปฏิกิริยาคายความร้อน)	- อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ ทฤษฎีการชน (Collision theory) และ ทฤษฎีภาวะทรานซิชัน (Transition state theory) ได้ - แปลความหมายจากกราฟแสดง การเปลี่ยนแปลงพลังงานกับ การดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีได้
3-6/ (7-18)	<b>3. ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี</b> 3.1 ธรรมชาติของสารตั้งต้น (Reactant) และผลิตภัณฑ์ (Product) 3.2 ความเข้มข้นของสารตั้งต้นและ ผลิตภัณฑ์ 3.3 กฏอัตราและการหาฏอัตรา 3.4 กฏอัตราอินทิเกรต <b>การทดลอง เรื่อง การศึกษาผลของ            ความเข้มข้นที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา</b>	- อธิบายกลไกปฏิกิริยาและเขียน สมการแสดงกลไกปฏิกิริยาได้ - ทดลองและอธิบายอัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้ - อธิบายกฏอัตรา และคำนวณ เกี่ยวกับกฏอัตราได้

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
	3.5 กลไกของปฏิกิริยา 3.6 พื้นที่ผิว 3.7 อุณหภูมิและสมการอาร์เรเนียส 3.8 ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) และ ตัวหน่วง (Inhibitor) การทดลอง เรื่อง การศึกษาผลของอุณหภูมิ ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา การทดลอง เรื่อง การศึกษาผลของตัวเร่ง ปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาที่มีต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยา	
7/(19)	<b>บทที่ 2 สมดุลเคมี</b> <b>4. การเปลี่ยนแปลงที่ผันกลับได้</b> 4.1 ภาวะสมดุลประเภทต่าง ๆ (ภาวะ สมดุลระหว่างสถานะ ภาวะสมดุล ในสารละลายอิมตัว และภาวะสมดุล ในปฏิกิริยาเคมี)	- สืบค้นข้อมูลและอภิปรายภาวะ สมดุลระหว่างสถานะ สมดุล ในสารละลายอิมตัว และสมดุล ในปฏิกิริยาเคมีได้
7/(20)	<b>5. การดำเนินเข้าสู่ภาวะสมดุลของระบบ</b> 5.1 กราฟแสดงการเกิดภาวะสมดุล	
7-8/ (21-23)	<b>6. ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ            สารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุล</b> 6.1 ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี 6.2 การคำนวณเกี่ยวกับค่าคงที่สมดุล ( $K_c$ ) 6.3 ค่าคงที่สมดุลต่าง ๆ เช่น $K_p$ , $K_{sp}$	- เขียนความสัมพันธ์และคำนวณหา ค่าคงที่สมดุล ( $K_c$ , $K_p$ และ $K_{sp}$ ) ของ สารต่าง ๆ ในระบบได้
8-9/ (24-25)	<b>7. ปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล</b> การทดลอง เรื่อง การศึกษาผลของการ เปลี่ยนแปลงความดันและอุณหภูมิที่มีต่อ	- ทดลองและอธิบายการเปลี่ยนภาวะ สมดุล เมื่อภาวะสมดุลนั้นถูกรบกวน โดยปัจจัยบางอย่าง เช่น ความเข้มข้น

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
	ภาวะสมดุล	ความดัน และอุณหภูมิได้
9/(26-27)	<b>8. หลักของเลอชาเตอริเอ</b> การทดลอง เรื่อง การศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นที่มีต่อภาวะสมดุล	- ใช้หลักของเลอชาเตอริเอในการอธิบายผลที่เกิดขึ้นกับระบบเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงภาวะสมดุลของระบบ และนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ชีวิตประจำวันได้
11-12/ (31-36)	<b>บทที่ 3 กรด เบส</b> <b>9. สารละลายอิเล็กโทรไลต์และนอนอิเล็กโทรไลต์</b> <b>10. สารละลายกรดและสารละลายเบสกับการทดสอบเบื้องต้น</b> 10.1 ไอออนในสารละลายกรด 10.2 ไอออนในสารละลายเบส <b>11. การจำแนกประเภทของกรดเบส</b> 11.1 กรดและเบสอินทรีย์ 11.2 กรดและเบสอนินทรีย์ <b>12. ทฤษฎีกรด เบส</b> 12.1 ทฤษฎีอาร์เรเนียส 12.2 ทฤษฎีเบรินสเตด-เลาว์รี และคู่กรด-เบส 12.3 ทฤษฎีลิวอิส การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของไฮโดรเจนคาร์บอเนต	- อธิบายความหมายของกรดเบสตามทฤษฎีของอาร์เรเนียสเบรินสเตด-เลาว์รีและลิวอิสพร้อมทั้งบอกคู่กรด-เบสโดยใช้ทฤษฎีกรดเบสของเบรินสเตด-เลาว์รีได้
13-14/ (37-42)	<b>13. การแตกตัวของกรดและเบส</b> 13.1 การแตกตัวของกรดแก่เบสแก่กรดอ่อน และเบสอ่อน	- เขียนสมการแสดงการแตกตัวของกรด-เบส และคำนวณหาค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ ( $K_w$ ) ของกรด ( $K_a$ )

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
	13.2 ความแรงของกรดกับ โครงสร้าง โมเลกุล	และของเบส ( $K_b$ ) ได้
	13.3 เปอร์เซ็นต์การแตกตัวของกรดเบส	
	13.4 ค่าคงที่การแตกตัวของกรดอ่อน และเบสอ่อน	
	13.5 สารแอมโฟเทอริก	
15/ (43-44)	<b>14. การแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ</b> 14.1 การแตกตัวของน้ำ 14.2 ค่าคงที่สมดุลของน้ำ 14.3 การเปลี่ยนความเข้มข้นของ ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออน การทดลอง เรื่อง การนำไฟฟ้าของน้ำ	
15-16/ (45-48)	<b>15. pH และ pOH ของสารละลาย</b> 15.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง pH, $[H_3O^+]$ และ $[OH^-]$ <b>16. อินดิเคเตอร์สำหรับกรด เบส</b> 16.1 การทำงานของอินดิเคเตอร์ 16.2 อินดิเคเตอร์และช่วง pH ของ การเปลี่ยนสี 16.3 สารละลายกรดเบสใน ชีวิตประจำวัน <b>17. ปฏิกริยาระหว่างกรดกับเบส</b> การทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาระหว่าง สารละลายกรดและเบส การทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาระหว่าง สารละลายกรดหรือเบสกับสารบางชนิด	- บอกความหมายและคำนวณค่า pH และ pOH ของสารละลายพร้อม ยกตัวอย่างสารละลายกรดเบส ในชีวิตประจำวันได้ - อธิบายความหมายของปฏิกิริยา สะเทิน จุดสมมูล จุดยุติ ในปฏิกิริยา ระหว่างสารละลายกรดกับสารละลาย เบสและเขียนสมการแสดงปฏิกิริยา เคมีที่เกิดขึ้นได้ - อธิบายและเขียนสมการเคมีแสดง การเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสของ เกลือและคำนวณหาค่าคงที่ ไฮโดรไลซิส ( $K_h$ ) ได้ - ใช้ค่าคงที่การแตกตัวของอินดิเคเตอร์

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
18. ปฏิกริยาไฮโดรไลซิส 18.1 ค่าคงที่ไฮโดรไลซิสของเกลือ		ในการอธิบายสมดุลของอินดิเคเตอร์ การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เมื่ออยู่ ในสารละลายกรดและสารละลายเบส และใช้อินดิเคเตอร์ตรวจสอบ ความเป็นกรดเบสของสารละลายได้
17-18/ (49-53)	19. การไทเทรตกรด เบส 19.1 การไทเทรตระหว่างกรดแก่กับ เบสแก่ 19.2 การไทเทรตระหว่างกรดแก่กับ เบสอ่อน และกรดอ่อนกับเบสแก่ การทดลอง เรื่อง การไทเทรตของปฏิกริยา ระหว่างกรดแก่กับเบสแก่ การทดลอง เรื่อง การไทเทรตของปฏิกริยา ระหว่างกรดอ่อนกับเบสแก่	- บอกหลักการและวิธีการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ให้เหมาะสม กับการไทเทรตได้ - ทำการทดลองและคำนวณหา ปริมาณสารโดยการไทเทรตและ อธิบายกราฟการไทเทรตกรดเบสได้ - สืบค้นและอภิปราย เรื่อง การไทเทรต รวมทั้งนำความรู้ไป ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้
18-19/ (54-57)	20. สารละลายบัฟเฟอร์ (Buffer solution) การทดลอง เรื่อง การเตรียมสารละลาย บัฟเฟอร์ (Buffer solution) การทดลอง เรื่อง การวิเคราะห์หาปริมาณ คาร์บอเนตและไฮโดรเจนคาร์บอเนตใน สารตัวอย่าง	- อธิบายความหมายของสารละลาย บัฟเฟอร์ การเกิดสารละลายบัฟเฟอร์ และการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เมื่อเติมกรดหรือเบสลงในสารละลาย บัฟเฟอร์ได้ - คำนวณเกี่ยวกับสารละลายบัฟเฟอร์ และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ภาคเรียนที่ 2 รายวิชาอินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุล		
สัปดาห์ที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1/(1-3)	<b>บทที่ 1 เคมีอินทรีย์</b> <b>1. พันธะของคาร์บอน</b> 1.1 ไฮบริไดเซชันของคาร์บอน 1.2 การเขียนสูตรโครงสร้างของสารประกอบอินทรีย์	- อธิบายความหมายของสารประกอบของคาร์บอนสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์พร้อมทั้งยกตัวอย่างได้ - อธิบายการเกิดพันธะโคเวเลนต์แบบต่าง ๆ ของคาร์บอนพร้อมทั้งยกตัวอย่างได้
2/(4-6)	<b>2. สารประกอบอินทรีย์</b> 2.1 ประเภทของสารประกอบอินทรีย์ 2.2 หมู่ฟังก์ชันของสารประกอบอินทรีย์ 2.3 การเรียกชื่อของสารประกอบอินทรีย์	- อธิบายความหมายของหมู่ฟังก์ชันและจำแนกประเภทของสารอินทรีย์โดยใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ได้ - เขียนสูตรโครงสร้างพร้อมทั้งเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ ทั้งชื่อสามัญ และ IUPAC ได้
3/(7-9)	<b>3. ไอโซเมอร์ซิม</b> 3.1 ประเภทของไอโซเมอร์ซิม	- อธิบายความหมายและจำแนกประเภทของไอโซเมอร์ซิมได้
4-6/ (10-18)	<b>4. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน</b> 4.1 ประเภทของไฮโดรคาร์บอน 4.2 สมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน การทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน 4.3 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมีและกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบแอลเคน 4.4 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมีและกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบแอลคีน	- อธิบายความหมายและยกตัวอย่างของประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ - ทดสอบสมบัติบางประการของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
	4.5 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบ แอลไคน์	
7/ (19-21)	4.6 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของเบนซีน และอนุพันธ์ของเบนซีน	
8/ (22-24)	<b>5. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจน เป็นองค์ประกอบ</b> 5.1 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และ กลไกการเกิดปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ การทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของ เอทานอลและกรดแอซติก 5.2 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมีและ กลไกการเกิดปฏิกิริยาของแอลดีไฮด์และ คีโตน	- บอกความหมายและอธิบาย ปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์พร้อมทั้ง เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาและ กลไกของปฏิกิริยานั้น ๆ ได้ - ทดลองและอธิบายปฏิกิริยาเคมี ระหว่างกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์ และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของ เอสเทอร์ได้ - ยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ ฟังก์ชันที่พบในธรรมชาติพร้อมทั้ง บอกประโยชน์และโทษของ สารอินทรีย์เหล่านั้นได้
10-11/ (28-31)	5.3 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมีและ กลไกการเกิดปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรด คาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของเอสเทอร์	
11-12 (32-34)	<b>6. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจน เป็นองค์ประกอบ</b>	

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
	6.1 เอมีน และเอไมด์ 6.1.1 สมบัติทางกายภาพ 6.1.2 ปฏิกิริยาเคมีและกลไก การเกิดปฏิกิริยา	
12-15/ (35-43)	<b>บทที่ 2 เชื้อเพลิง ซากดึกดำบรรพ์และ ผลิตภัณฑ์ (นักเรียนสืบค้นและนำเสนอ ผลงานที่ค้นคว้า)</b> <b>7. ถ่านหิน และหินน้ำมัน</b> 7.1 กระบวนการเกิด 7.2 การใช้ประโยชน์ <b>8. ปิโตรเลียม</b> 8.1 การเกิดและการสำรวจ 8.2 การกลั่นน้ำมันดิบ 8.3 การแยกแก๊สธรรมชาติ 8.4 ปิโตรเคมีภัณฑ์ <b>9. พอลิเมอร์</b> 9.1 ปฏิกิริยาพอลิเมอไรเซชัน 9.2 โครงสร้างและสมบัติพอลิเมอร์ 9.3 ผลิตภัณฑ์จากพอลิเมอร์ <b>10. ภาวะมลพิษที่เกิดจากการผลิตและใช้ ผลิตภัณฑ์จากเชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์</b> 10.1 มลภาวะทางอากาศ 10.2 มลภาวะทางน้ำ 10.3 มลภาวะทางดิน	- สืบค้นและอภิปรายการเกิด ปิโตรเลียมและการสำรวจปิโตรเลียม ได้ - สืบค้นและอภิปรายการกลั่น น้ำมันดิบและการปรับปรุงคุณภาพ การกำหนดคุณภาพของน้ำมัน บอก ผลิตภัณฑ์และการนำไปใช้ประโยชน์ ได้ - สืบค้นและอภิปรายความหมายของ พอลิเมอร์และมอนอเมอร์ จำแนก ประเภทพอลิเมอร์ พร้อมยกตัวอย่าง พอลิเมอร์ในชีวิตประจำวัน - สืบค้นและอภิปรายความหมาย พร้อมยกตัวอย่างปฏิกิริยา พอลิเมอไรเซชันแบบเติม และแบบควบแน่นได้ - สืบค้นและอภิปรายความก้าวหน้า ทางเทคโนโลยีของพอลิเมอร์ สังเคราะห์ได้
16/ (46-48)	<b>บทที่ 3 สารชีวโมเลกุล</b> <b>11. โปรตีน</b>	- จำแนกประเภทของกรดอะมิโน โดยใช้สมบัติทางเคมีเป็นเกณฑ์ได้



ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
	11.1 กรดอะมิโนและพันธะเพปไทด์ การทดลอง เรื่อง การทดสอบโปรตีนใน อาหาร	- อธิบายการเกิดพันธะเพปไทด์และ ระบุตำแหน่งของพันธะเพปไทด์ ในโมเลกุลโปรตีนได้
	11.2 โครงสร้างของโปรตีน 11.3 ชนิดและหน้าที่ของโปรตีน 11.4 สมบัติเคมีของโปรตีน	
17/ (49-51)	11.5 เอนไซม์ การทดลอง เรื่อง สมบัติของเอนไซม์และ ปัจจัยบางประการที่มีต่อการทำงานของ เอนไซม์ 11.6 การแปลงสภาพโปรตีน การทดลอง เรื่อง การแปลงสภาพโปรตีน	- อธิบายหน้าที่ของเอนไซม์ พร้อมยกตัวอย่างปฏิกิริยาที่ใช้ เอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ - ทดสอบโปรตีนในอาหารและ การแปลงสภาพของโปรตีนได้
18/ (52-54)	<b>12. คาร์โบไฮเดรต</b> 12.1 ชนิดและหน้าที่ของคาร์โบไฮเดรต 12.2 สมบัติและปฏิกิริยาของ คาร์โบไฮเดรต การทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของ คาร์โบไฮเดรต	- อธิบายความหมาย ระบุชนิด และ การเกิดปฏิกิริยา พร้อมยกตัวอย่าง ของโมโนแซ็กคาไรด์ ไดแซ็กคาไรด์ และพอลิแซ็กคาไรด์ได้ - ทดสอบสมบัติของคาร์โบไฮเดรต ได้
19/ (55-56)	<b>13. ลิพิด</b> 13.1 ไขมันและน้ำมัน 13.1.1 สมบัติโครงสร้างและ ปฏิกิริยาของไขมันและน้ำมัน การทดลอง เรื่อง การละลายของไขมันและ น้ำมันในตัวทำละลายบางชนิด การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส น้ำมันหรือไขมันด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์	- อธิบายองค์ประกอบของไขมันหรือน้ำมัน พร้อมทั้งเขียนสมการแสดง ปฏิกิริยาการสังเคราะห์ได้ - บอกสมบัติและจำแนกประเภทของ กรดไขมันและลิพิดได้ - อธิบายความหมายและเขียนสมการ แสดงปฏิกิริยาสะปอนนิฟิเคชัน พร้อมทั้งอธิบายกลไกการชำระล้าง

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

ลำดับที่/ (คาบที่)	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
	13.2 ฟอสโฟลิพิด 13.3 ไขมัน 13.4 สเตอรอยด์	สิ่งสกปรกของสบู่และผงซักฟอกได้
19/(57)	14. กรดนิวคลีอิก 14.1 โครงสร้างของนิวคลีโอไทด์ DNA และ RNA 14.2 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ DNA และ RNA	- อธิบายการเกิดพันธะในโครงสร้างของกรดนิวคลีอิก พร้อมจำแนกประเภทโดยใช้สมบัติทางเคมีเป็นเกณฑ์ได้ - สืบค้นและอภิปรายเกี่ยวกับเทคโนโลยีการประยุกต์ใช้กรดนิวคลีอิก พร้อมทั้งนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจศึกษา เรื่อง เคมีอินทรีย์ ซึ่งเป็นเนื้อหาในภาคเรียนที่ 2 วิชาอินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุล รหัสวิชา ว 30233 จำนวน 22 คาบ 8 สัปดาห์ ซึ่งมีผลการเรียนรู้ดังตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
<b>1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน</b>	- อธิบายความหมายและยกตัวอย่างของ
1.1 ประเภทของไฮโดรคาร์บอน	ประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้
1.2 สมบัติของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน	- ทดสอบสมบัติบางประการของ
<b>การทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของ</b>	<b>สารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้</b>
<b>สารประกอบไฮโดรคาร์บอน</b>	
1.3 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมีและกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบแอลเคน	

## ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้
1.4 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบแอลคีน	
1.5 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบแอลไคน์	
1.6 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของเบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีน	
<b>2. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ</b>	
2.1 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ <b>การทดลอง เรื่อง สมบัติบางประการของเอทานอลและกรดแอซติก</b>	- บอกความหมายและอธิบายปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาและกลไกของปฏิกิริยานั้น ๆ ได้ - ทดลองและอธิบายปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ได้
2.2 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของแอลดีไฮด์และคีโตน	- ยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่พบ
2.3 สมบัติทางกายภาพปฏิกิริยาเคมี และกลไกการเกิดปฏิกิริยาของกรดคาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์ <b>การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์</b>	ในธรรมชาติพร้อมทั้งบอกประโยชน์และโทษของสารอินทรีย์เหล่านั้นได้
<b>การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาของเอสเทอร์</b>	
<b>3. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ</b>	
3.1 เอมีน และเอไมด์	
3.1.1 สมบัติทางกายภาพ	
3.1.2 ปฏิกิริยาเคมีและกลไกการเกิดปฏิกิริยา	

ซึ่งเรื่องเคมีอินทรีย์มีสาระสำคัญ ดังนี้

เคมีอินทรีย์เป็นวิชาที่ศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีอะตอมของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยคำว่าอินทรีย์ มาจากคำว่า Organic หมายถึง ร่างกายหรือสิ่งมีชีวิต ดังนั้นเรื่องราวของสารอินทรีย์เป็นเรื่องราวที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิต สมัยก่อนนักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าสารอินทรีย์ได้มาจากสิ่งมีชีวิตเท่านั้น ปัจจุบันนักเคมีได้สังเคราะห์สารอินทรีย์ได้อย่างมากมาย และยังก่อให้เกิดอุตสาหกรรมทางด้านเคมีอีกด้วย การศึกษาสารเหล่านี้จำเป็นต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี นอกจากนี้ในการศึกษาเพื่อให้เข้าใจถึงสมบัติจะต้องเข้าใจพันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมรูปร่างของโมเลกุลอีกด้วย ถึงจะเข้าใจสมบัติของสารอินทรีย์ได้อย่างลึกซึ้ง ซึ่งในเรื่อง เคมีอินทรีย์ จะศึกษาหมู่ฟังก์ชัน การเรียกชื่อสารประกอบอินทรีย์ ไอโซเมอร์ซิม และประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอน อันประกอบด้วย แอลเคน แอลคีน แอลไคน์ เบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีน แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ และคีโตน โดยสามารถสรุปสาระสำคัญได้ดังนี้

หมู่ฟังก์ชันเป็นตัวบอกสมบัติเฉพาะใน โมเลกุลของสารประกอบอินทรีย์ สมบัติของการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบอินทรีย์จะเป็นไปตามหมู่ฟังก์ชันที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น จึงอาจใช้หมู่ฟังก์ชันเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ได้

ไอโซเมอร์ซิม คือ การที่สารอินทรีย์มีสูตร โมเลกุลเหมือนกันแต่มีสูตร โครงสร้างต่างกัน เรียกสารเหล่านี้ว่าเป็นไอโซเมอร์กันและกัน

แอลเคน เป็น โครงสร้างของคาร์บอนที่ยึดอะตอมไฮโดรเจนไว้ และ โครงสร้างที่ง่ายที่สุดจะเป็นโซ่ของคาร์บอนอะตอมติดต่อกัน โดยไม่มีโซ่กิ่ง สารประกอบเหล่านี้มีสูตรทั่วไป  $C_nH_{2n+2}$

แอลคีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนไม่อิ่มตัวที่มีพันธะคู่ โดยสูตรทั่วไปของแอลคีนที่มีพันธะคู่ 1 พันธะคือ  $C_nH_{2n}$

แอลไคน์ เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีพันธะสามในโมเลกุล และถือว่าพันธะสามคือหมู่ฟังก์ชันของแอลไคน์ โดยสูตรทั่วไปของแอลไคน์คือ  $C_nH_{2n-2}$

เบนซีนจัดเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนตัวหนึ่ง โดยมีสูตร โมเลกุลเป็น  $C_6H_6$  จากสูตรแสดงให้เห็นว่าเบนซีนเป็นสารประกอบไม่อิ่มตัว

แอลกอฮอล์ เป็นสารประกอบที่มีสูตรทั่วไปเป็น R-OH หมู่ OH เรียกว่า หมู่ไฮดรอกซิล เกิดปฏิกิริยาได้ทั้งปฏิกิริยาการกำจัดและการแทนที่

ฟีนอล คือ สารประกอบที่มีหมู่ไฮดรอกซิล (OH) ติดอยู่กับวงแหวนเบนซีน ฟีนอลละลายน้ำได้เล็กน้อย และมีสมบัติเช่นเดียวกับแอลกอฮอล์

อีเทอร์ เป็นสารประกอบที่มีหมู่แอลคอกซี (R-O-R') เป็นหมู่ฟังก์ชัน โดยที่ R และ R' แทนหมู่แอลคิลหรือเอริลที่เหมือนหรือต่างกันได้ โดยมีสูตรทั่วไปคือ ROR'

แอลดีไฮด์และคีโตน เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่คาร์บอนิล โดยที่คีโตนจะมี หมู่แอลคิล 2 หมู่ ต่ออยู่กับคาร์บอนอะตอมของหมู่คาร์บอนิล และเรียกหมู่ฟังก์ชันของคีโตนว่า หมู่คาร์บอนิล ส่วนแอลดีไฮด์จะมีหมู่แอลคิลเพียงหมู่เดียวกับอะตอมของไฮโดรเจนต่ออยู่กับ คาร์บอนอะตอมของหมู่คาร์บอนิล และเรียกหมู่ฟังก์ชันของแอลดีไฮด์ว่าหมู่คาร์บอกซาลดีไฮด์

จากการศึกษาหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557) และ โครงสร้างรายวิชาอินทรีย์เคมีและ สารชีวโมเลกุล ผู้วิจัยจึงนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมี วิจารณญาณ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนใน เรื่อง เคมีอินทรีย์

## การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

### ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

National Research Council (2000) ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ว่าหมายถึง กิจกรรมที่หลากหลายที่เกี่ยวข้องกับการสังเกต การตั้งคำถาม การตรวจสอบจากหนังสือ หรือแหล่งความรู้อื่น ๆ การวางแผนสำรวจตรวจสอบ การตรวจสอบหลักฐาน เพื่อยืนยันความรู้ที่ ค้นพบ การใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล การนำเสนอ ผลงาน การอธิบาย การคาดคะเนคำตอบ และการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน

สุวพัก์ นิยมคำ (2531 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 331) ได้ให้ความหมาย ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วย ตนเอง โดยใช้วิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการค้นหาความรู้ที่ผู้เรียน ยังไม่เคยมีความรู้นั้นมาก่อน จนสามารถออกแบบการทดลองและสมมติฐาน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 119) ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ว่า หมายถึง การสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบ ความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา ครุวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องมีการเตรียมสภาพแวดล้อมในการเรียนรู้ ศึกษาโครงสร้างของ กระบวนการสอนการจัดลำดับเนื้อหา โดยครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วยและนักเรียนทำหน้าที่คล้ายกับ ผู้จัดวางแผนการเรียน นักเรียนเป็นผู้เริ่มต้นในการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ และ เปลี่ยนแนวความคิดจากการที่เป็นผู้รับความรู้มาเป็นผู้แสวงหาความรู้และ ใช้ความรู้

ทิสนา แชมมณี (2547, หน้า 141) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ว่า หมายถึง การดำเนินการเรียนการสอน โดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถาม เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง เกิดความคิด และลงมือเสาะแสวงหาความรู้ เพื่อนำมาประมวลหาคำตอบหรือข้อสรุปด้วยตนเอง โดยที่ผู้สอนช่วยอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ในด้านต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน เช่น ในด้านการสืบค้นหาแหล่งความรู้ การศึกษาข้อมูล การวิเคราะห์ การสรุปข้อมูล การอภิปรายโต้แย้งทางวิชาการ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

จากความหมายที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา ให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ ฝึกสร้างองค์ความรู้ โดยมีครูเป็นผู้กำกับควบคุมดำเนินการให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ เป็นผู้กระตุ้น ส่งเสริมให้ผู้เรียนคิด และเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้

### แนวคิดหรือทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา (Intellectual development theory) (Piaget, 1965) อ้างถึงใน ทิสนา แชมมณี, 2547, หน้า 64-66)

โดยเพียเจต์ (Piaget) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพัฒนาการทางด้านความคิดของเด็กว่ามีขั้นตอนหรือกระบวนการอย่างไร ซึ่งเพียเจต์อธิบายไว้ว่า การเรียนรู้ของเด็กเป็นไปตามพัฒนาการทางสติปัญญา ซึ่งจะมีพัฒนาการไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น พัฒนาการเป็นไปตามสิ่งที่ขึ้นไปตามธรรมชาติ ไม่ควรที่จะเร่งเด็กให้ข้ามจากพัฒนาการขั้นหนึ่งไปสู่อีกขั้นหนึ่ง เพราะจะทำให้เกิดผลเสียแก่เด็ก แต่การจัดประสบการณ์ส่งเสริมพัฒนาการของเด็กในช่วงที่เด็กกำลังจะพัฒนาไปสู่ขั้นที่สูงกว่า สามารถพัฒนาให้เด็กพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว โดยมีทฤษฎีการเรียนรู้และแนวทางการประยุกต์ใช้ ดังนี้

#### 1. ทฤษฎีการเรียนรู้

##### 1.1 พัฒนาการทางสติปัญญาของบุคคลเป็นไปตามวัยต่าง ๆ เป็นลำดับขั้น ดังนี้

1.1.1 ขั้นรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส (Sensorimotor period) เป็นขั้นพัฒนาการในช่วงอายุ 0-2 ปี ความคิดของเด็กวัยนี้ขึ้นกับการรับรู้และการกระทำ เด็กยึดตัวเองเป็นศูนย์กลาง และยังไม่สามารถเข้าใจความคิดเห็นของผู้อื่น

1.1.2 ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (Preoperational period) เป็นขั้นพัฒนาการในช่วงอายุ 2-7 ปี ความคิดของเด็กวัยนี้ยังขึ้นอยู่กับรับรู้เป็นส่วนใหญ่ ยังไม่สามารถที่จะใช้เหตุผลอย่างลึกซึ้ง แต่สามารถเรียนรู้และใช้สัญลักษณ์ได้

1.1.3 ขั้นการคิดแบบรูปธรรม (Concrete operational period) เป็นขั้นพัฒนาการในช่วงอายุ 7-11 ปี เป็นขั้นที่การคิดของเด็กไม่ขึ้นกับการรับรู้จากรูปร่างเท่านั้น เด็กสามารถสร้างภาพในใจ และสามารถคิดย้อนกลับได้ และมีความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของตัวเลขและสิ่งต่าง ๆ ได้มากขึ้น

1.1.4 ขั้นการคิดแบบนามธรรม (Formal operational period) เป็นขั้นพัฒนาการในช่วงอายุ 11-15 ปี เด็กสามารถคิดสิ่งที่เป็นนามธรรมได้ และสามารถคิดตั้งสมมติฐานและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้

1.2 ภาษาและกระบวนการคิดของเด็กแตกต่างจากผู้ใหญ่

1.3 กระบวนการทางสติปัญญามีลักษณะดังนี้

1.3.1 การซึมซับหรือการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการทางสมองในการรับประสบการณ์ เรื่องราว และข้อมูลต่าง ๆ เข้ามาสะสมเก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ต่อไป

1.3.2 การปรับและจัดระบบ (Accommodation) คือ กระบวนการทางสมองในการรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากันเป็นระบบหรือเครือข่ายทางปัญญาที่ตนสามารถเข้าใจได้ เกิดเป็นโครงสร้างทางปัญญาใหม่ขึ้น

1.3.3 การเกิดความสมดุล (Equilibration) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นจากขั้นของการปรับ หากการปรับเป็นไปอย่างผสมผสานกลมกลืนก็จะก่อให้เกิดสภาพที่มีความสมดุลขึ้น หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมให้เข้ากันได้ ก็จะเกิดภาวะความไม่สมดุลขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาขึ้นในตัวบุคคล

## 2. หลักการจัดการศึกษา/ การสอน

2.1 ในการพัฒนาเด็ก ควรคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก และจัดประสบการณ์ให้เด็กอย่างเหมาะสมกับพัฒนาการนั้น ไม่ควรบังคับให้เด็กเรียนในสิ่งที่ยังไม่พร้อม หรือยากเกินพัฒนาการตามวัยของตน เพราะจะก่อให้เกิดเจตคติที่ไม่ดีได้

2.1.1 การจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้เด็กเกิดการเรียนรู้ตามวัยของตนสามารถช่วยให้เด็กพัฒนาไปสู่พัฒนาการขั้นสูงขึ้นได้

2.1.2 เด็กแต่ละคนมีพัฒนาการที่แตกต่างกัน ถึงแม้อายุจะเท่ากัน แต่ระดับพัฒนาการอาจไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงไม่ควรเปรียบเทียบเด็ก ควรให้เด็กมีอิสระที่จะเรียนรู้ และพัฒนาความสามารถของเขาไปตามระดับพัฒนาการของเขา

2.1.3 ในการสอนควรใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรม เพื่อช่วยให้เด็กเข้าใจลักษณะต่าง ๆ ได้ดีขึ้น แม้ในพัฒนาการช่วงการคิดแบบรูปธรรมเด็กจะสามารถสร้างภาพในใจได้ แต่การสอนที่ใช้อุปกรณ์ที่เป็นรูปธรรมจะช่วยให้เด็กเข้าใจแจ่มชัดขึ้น

2.2 การให้ความสนใจและสังเกตเด็กอย่างใกล้ชิด จะช่วยให้ได้ทราบลักษณะเฉพาะตัวของเด็ก

2.3 ในการสอนเด็กเล็ก ๆ เด็กจะรับรู้ส่วนรวม (Whole) ได้ดีกว่าส่วนย่อย (Part) ดังนั้นครูจึงควรสอนภาพรวมก่อนแล้วจึงแยกสอนทีละส่วน

2.4 ในการสอนสิ่งใดให้กับเด็ก ควรเริ่มจากสิ่งที่เด็กคุ้นเคยหรือมีประสบการณ์มาก่อนแล้วจึงเสนอสิ่งใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเก่า การทำเช่นนี้จะช่วยให้กระบวนการซึมซับและจัดระบบความรู้ของเด็กเป็นไปด้วยดี

2.5 การเปิดโอกาสให้เด็กได้รับประสบการณ์ และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมาก ๆ ช่วยให้เด็กดูดซึมข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางสติปัญญาของเด็กอันเป็นการส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก

ทฤษฎีพัฒนาการเชาวันปัญญาของ วิกทอทสกี (Vygotsky, 1978 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี, 2547, หน้า 92-93) โดย วิกทอทสกี ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับ “Zone of proximal development” ซึ่งเป็นแนวคิดใหม่ที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในด้านการจัดการเรียนการสอน โดยปกติเมื่อมีการวัดพัฒนาการทางเชาวันปัญญาของเด็ก เรามักจะใช้แบบทดสอบมาตรฐานในการวัด เพื่อว่าเด็กอยู่ในระดับใด โดยดูว่าสิ่งที่เด็กทำได้นั้นเป็นสิ่งที่เด็กทำได้อยู่แล้วคือ เป็นระดับพัฒนาการที่เด็กบรรลุหรือไปถึงแล้ว ดังนั้นข้อปฏิบัติที่ทำกันอยู่ก็คือ การสอนให้สอดคล้องกับระดับพัฒนาการของเด็ก จึงเท่ากับเป็นการตอกย้ำให้เด็กอยู่ในระดับพัฒนาการเดิม ไม่ใช่ช่วยให้เด็กพัฒนาขึ้น วิกทอทสกีอธิบายว่า เด็กทุกคนมีระดับพัฒนาการทางเชาวันปัญญาที่ตนเป็นอยู่ และมีระดับพัฒนาการที่ตนมีศักยภาพจะไปได้ถึงช่วงห่างระหว่างระดับที่เด็กเป็นอยู่ในปัจจุบันกับระดับที่เด็กมีศักยภาพจะเจริญเติบโต เรียกว่า “Zone of proximal development” หรือ “Zone of proximal growth” ซึ่งช่วงห่างนี้จะมีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล แนวคิดนี้ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดเกี่ยวกับการสอน ซึ่งเคยมีลักษณะเป็นเส้นตรง (Linear) หรืออยู่ในแนวเดียวกัน เปลี่ยนแปลงไปเป็นอยู่ในลักษณะที่หล้อมกัน โดยการสอนจะต้องนำหน้าระดับพัฒนาการเสมอ ดังนั้น เด็กที่มีระดับพัฒนาการทางสมองเท่ากับเด็กอายุ 8 ขวบ จะสามารถทำงานที่เด็กอายุ 8 ขวบ โดยทั่วไปทำได้ เมื่อให้งานของเด็กอายุ 9 ขวบ เด็กคนหนึ่งทำไม่ได้แต่เมื่อได้รับการชี้แนะหรือสาธิตให้ดูก็จะทำได้ แสดงให้เห็นว่า เด็กคนนี้มีวุฒิภาวะที่จะไปตัวเอง โดยไม่มีการชี้แนะหรือได้รับความช่วยเหลือจากผู้อื่น ในขณะที่เดียวกันอาจมีเด็กอีก 8 ขวบ เด็กทำไม่ได้แม้จะได้รับการชี้แนะ หรือสาธิตให้ดูซ้ำแล้วซ้ำอีก ก็ไม่สามารถทำได้ แสดงให้เห็นว่าช่องว่างระหว่างระดับพัฒนาการที่เป็นอยู่กับที่ระดับที่ต้องการไปให้ถึง ยังห่างหรือกว้างมาก เด็กยังมีวุฒิภาวะไม่เพียงพอหรือยังไม่พร้อมที่จะทำสิ่งนั้น จำเป็นต้องรอให้เด็กมีวุฒิภาวะสูงขึ้น หรือลดระดับงานตามระดับพัฒนาการให้ต่ำลง จากแนวคิด



ดังกล่าว วิกิก็ทศก็จึงมีความเชื่อว่า การให้ความช่วยเหลือชี้แนะแก่เด็ก ซึ่งอยู่ในลักษณะของ “Assisted learning” หรือ “Scaffolding” เป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะสามารถช่วยพัฒนาเด็กให้ไปถึงระดับที่อยู่ในศักยภาพของเด็กได้

ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยม Constructivism (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554, หน้า 210-211) โดยทฤษฎี Constructivism มีหลักการที่สำคัญว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ (Active) และสร้างความรู้ แต่ในกลุ่มนักจิตวิทยา Constructivists มีความเห็นแตกต่างกันในเรื่องการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ทั้งนี้เนื่องจากความเชื่อพื้นฐานของ Constructivism ซึ่งมีรากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือ จากทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ และวิกิก็ทศก็ ทฤษฎี Constructivism จึงแบ่งออกเป็น 2 ทฤษฎี คือ

1. Cognitive constructivism หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยมที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ ทฤษฎีนี้ถือว่าผู้เรียนเป็นผู้กระทำ และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นในใจเอง ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทในการก่อให้เกิดความไม่สมดุลทางพุทธิปัญญาขึ้น เป็นเหตุให้ผู้เรียนปรับความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับข้อมูลข่าวสารใหม่จนกระทั่งเกิดความสมดุลทางพุทธิปัญญา หรือเกิดความรู้ใหม่ขึ้น

2. Social constructivism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของ วิกิก็ทศก็ ซึ่งถือว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน ในสถานะสังคมซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้อง หรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น

แม้ว่านักจิตวิทยา Cognitive constructivists และ Social constructivists จะมีความเห็นแตกต่างกันในเรื่องการอธิบายว่าผู้เรียนสร้างความรู้ได้อย่างไร ทุกคนต่างก็เห็นร่วมกันในคุณลักษณะของ Constructivism ดังต่อไปนี้

1. ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง
2. การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิมและความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน
3. การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้
4. การจัดสิ่งแวดล้อม กิจกรรมที่คล้ายคลึงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย

ทฤษฎีการเรียนรู้ของรอกเจอร์ส (Rogers, 1969 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี, 2547, หน้า 70) โดยมนุษย์จะสามารถพัฒนาตนเองได้ดีหากอยู่ในสภาพการณ์ที่ผ่อนคลายและเป็นอิสระ การจัดบรรยากาศการเรียนที่ผ่อนคลายและเอื้อต่อการเรียนรู้ (Supportive atmosphere) และเน้นให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered teaching) โดยครูใช้วิธีการสอนแบบชี้แนะ (Non-directive) และ

ทำหน้าที่อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน (Facilitator) และการเรียนรู้จะเน้นกระบวนการเป็นสำคัญ

หลักการจัดการศึกษา/ การสอน

1. การจัดสภาพแวดล้อมทางการเรียนให้อบอุ่น ปลอดภัย ไม่น่าหวาดกลัว น่าไว้วางใจ จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี
2. ผู้เรียนแต่ละคนมีศักยภาพและแรงจูงใจที่จะพัฒนาตนเองอยู่แล้ว ครูจึงควรสอนแบบชี้แนะ (Non-directive) โดยให้นักเรียนเป็นผู้นำทางในการเรียนรู้ของตน (Self-directed) และคอยช่วยเหลือผู้เรียนให้เรียนอย่างสะดวกจนบรรลุผล
3. ในการจัดการเรียนการสอนควรเน้นการเรียนรู้กระบวนการ (Process learning) เป็นสำคัญ เนื่องจากกระบวนการเรียนรู้เป็นเครื่องมือสำคัญที่บุคคลใช้ในการดำรงชีวิตและแสวงหาความรู้ต่อไป

ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

Kaplan and Tear (1977 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 151-152) ได้พัฒนาการสอนแบบสืบเสาะแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 3 ชั้น (3E) ในโครงการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science curriculum improvement study program หรือ SCIS) ประกอบด้วย 3 ชั้น คือ ชั้นสำรวจ (Exploration) ชั้นสร้าง (Exploration) และขั้นค้นพบ (Discovery) แต่มีครูจำนวนมากที่ยังไม่เข้าใจ 2 ชั้น คือ ชั้นสร้างกับขั้นค้นพบ ดังนั้นได้มีการปรับปรุงเป็นชั้นสำรวจ (Exploration) ชั้นแนะนำมโนทัศน์ (Concept introduction) และขั้นประยุกต์มโนทัศน์ (Concept application) ต่อมา นักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ดัดแปลงชั้นแนะนำมโนทัศน์เป็นชั้นแนะนำคำสำคัญ (Term introduction) ด้วยเหตุผลที่ว่าครูสามารถแนะนำหรืออธิบายคำสำคัญ หรือนิยามศัพท์เฉพาะให้กับนักเรียน แต่ไม่ใช่แนะนำมโนทัศน์ให้กับนักเรียน เพราะนักเรียนต้องเป็นผู้ค้นพบหรือสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง แต่อย่างไรก็ตามก็มีผู้ปรับเปลี่ยนชื่อของขั้นตอนที่ 2 ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น ดังเช่น คาริน (Carin) ได้ปรับเป็นขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept acquisition) ส่วนอะบรูสคาโต (Abruscato) ได้ปรับขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ (Concept acquisition) จะสังเกตเห็นว่าวัฏจักรการเรียนรู้ที่กล่าวมา 3 ขั้นตอน มีขั้นตอนที่สองเท่านั้นที่มีชื่อแตกต่างกันแต่คำอธิบายใกล้เคียงกัน วัฏจักรการเรียนรู้นี้มีลักษณะเหมือนเกลียวสว่าน แต่ละชั้นมีสาระสำคัญ ดังนี้

1. ขั้นสำรวจ (Exploration phase) เป็นขั้นที่นักเรียนเป็นผู้ปฏิบัติกิจกรรมโดยการสังเกต ตั้งคำถาม การคิดวิเคราะห์ สำรวจหรือทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล จัดบันทึก โดยอาจปฏิบัติเป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่มเล็ก ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก คือ สังเกต ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นและชี้แนะการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อให้นักเรียนค้นพบหรือสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเอง

2. ขั้นแนะนำคำสำคัญ/ ขั้นสร้างมโนทัศน์/ ขั้นได้มาซึ่งมโนทัศน์ (Term introduction/ Concept/ Formation/ Concept acquisition phase) เป็นขั้นตอนที่ครูมีบทบาทสูงโดยตั้งคำถาม กระตุ้นและชี้แนะให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงสิ่งที่ได้ปฏิบัติในชั้นสำรวจ โดยครูแนะนำและอธิบาย คำศัพท์ที่สำคัญของมโนทัศน์นั้น ๆ เพื่อให้นักเรียนจัดเรียงเรียงความคิดใหม่ในการค้นพบและ อธิบายมโนทัศน์นั้น ๆ ขั้นนี้ครูและนักเรียนจะมีปฏิสัมพันธ์กัน เพื่อค้นหาโนทัศน์จากข้อมูลและ การสังเกตในชั้นสำรวจ

3. ขั้นประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Concept application phase) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียน นำมโนทัศน์ที่ค้นพบหรือเกิดการเรียนรู้แล้วมาประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือปัญหาใหม่ อันจะทำให้ นักเรียนขยายความเข้าใจในมโนทัศน์นั้น ๆ มากยิ่งขึ้น ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนมีบทบาท สูงเช่นเดียวกับชั้นสำรวจ

Barman (1992 อ้างถึงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 152) ได้ดัดแปลงและพัฒนา วัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้น ได้แก่ ขั้นสำรวจ (Exploration phase) ขั้นแนะนำมโนทัศน์ (Concept application phase) และขั้นประเมินผลและอภิปราย (Evaluation and discussion phase) ซึ่งต่อมานักวิทยาศาสตร์ศึกษาได้ดัดแปลงชื่อเป็น 4E ได้แก่ 1) ขั้นสำรวจ (Exploration phase) 2) ขั้นอธิบาย (Explanation phase) 3) ขั้นขยายมโนทัศน์ (Expansion phase) และ 4) ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)

ปี ค.ศ. 1992 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological science curriculum studies หรือ BSCS) ได้ปรับขยายรูปแบบการสอนแบบวัฏจักร การเรียนรู้ออกเป็น 5 ขั้น หรือเรียกย่อว่า 5E เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัด การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดย 5 ขั้น ได้แก่ 1) ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement phase) 2) ขั้นสำรวจ (Exploration phase) 3) ขั้นอธิบาย (Explanation phase) 4) ขั้นขยายหรือประยุกต์ใช้มโนทัศน์ (Expansion phase) และ 5) ขั้นประเมินผล (Evaluation phase) แต่ละขั้นมีสาระและรายละเอียดดังนี้

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) เป็นการแนะนำบทเรียน กิจกรรมจะประกอบไป ด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอน และเป้าหมาย

2. การสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้ว มาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการ ทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติ



โดยขั้นตอนการเรียนรู้ตามแนวคิดของ Eisenkraft มีเนื้อหาสาระ ดังนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation phase) กระตุ้นให้เด็กได้แสดงความรู้เดิม คำถาม อาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตประจำวัน และเด็กสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ ที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่าเด็กแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับ นักเรียน และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสมสอดคล้องกับความต้องการ ของนักเรียน

2. ขั้นเร้าความสนใจ (Engagement phase) เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียนหรือเรื่อง ที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสนใจของนักเรียน หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่ น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิม ที่เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม ทำให้นักเรียนเกิดความอยากรู อยากรู้ และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาแก่นักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้ ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต เป็นต้น ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิด ขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อน ครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิด โดยเสนอประเด็น ที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอน ต่อไป

3. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration phase) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือ คำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศหรือ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สํารวจ ทดลอง กิจกรรม ภาคนาม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอ ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหา และดำเนินการสำรวจตรวจสอบ และรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation phase) เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว นักเรียนก็จะนำข้อมูล เหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยาย สรุป สร้างแบบจำลอง รูปภาพ ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้เห็นแนวโน้มหรือ ความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและอภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อ นำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไป ได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐาน แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้ และ ช่วยนักเรียนได้เกิดการเรียนรู้

5. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration phase)** เป็นขั้นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้อื่นหรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายกรอบแนวคิดของตนเอง และต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. **ขั้นประเมินผล (Evaluation phase)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มาประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนนำความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบซึ่งกันและกัน

7. **ขั้นนำความรู้ไปใช้ (Extention phase)** ครูจะต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้างความรู้ใหม่ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ได้

รูปแบบการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดของ Einsenkraft เป็นรูปแบบที่ครูสามารถนำไปปรับประยุกต์ให้เหมาะสมตามธรรมชาติวิชา โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อันที่จะทำให้นักเรียนเข้าถึงความรู้ความจริงได้ด้วยตนเอง และนักเรียนได้รับการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข

จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) มาใช้ในงานวิจัย เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สืบค้น และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์

#### **ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)**

Bybee et al. (2006) ได้เสนอรูปแบบวัฏจักรการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หรือ 5E ดังนี้

ขั้นที่ 1 **ขั้นสร้างความสนใจ หรือ “Engagement”** เป็นขั้นของการนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งทำให้ผู้เรียนมีความสนใจ อยากรู้ อยากเห็น กิจกรรมควรอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์ที่ได้เรียนมาแล้วในอดีต และนำมาเชื่อมกับประสบการณ์เรียนรู้ในปัจจุบัน บทบาทของครูจะทำหน้าที่

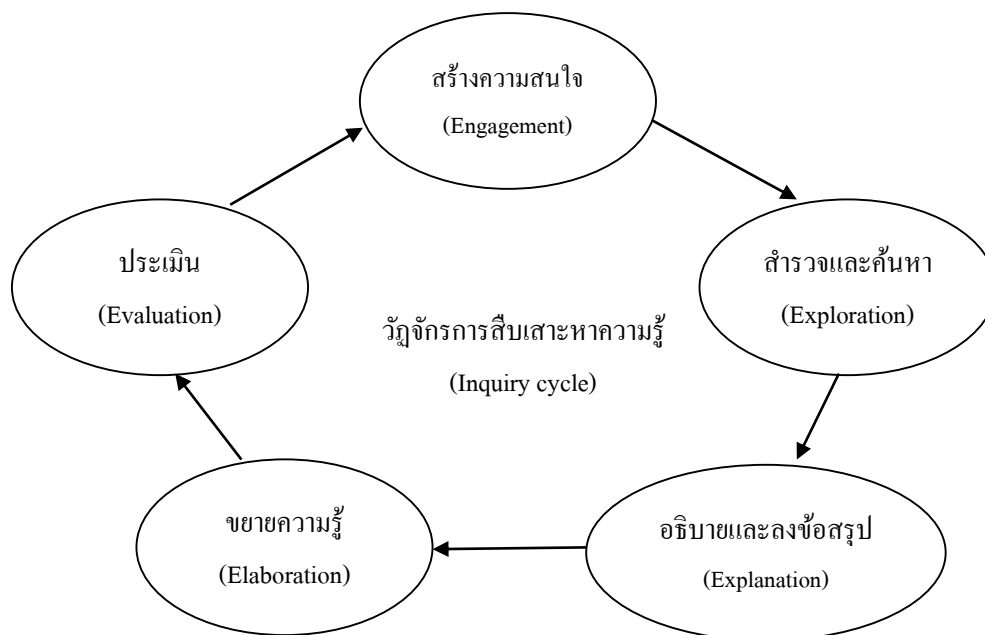
ในการตั้งคำถาม ถามนักเรียน กำหนดปัญหา ซึ่งให้เห็นประเด็นที่เป็นข้อโต้แย้งกัน นักเรียนควรจะมี ความอยากรู้อยากเห็นในปัญหากระบวนการและทักษะต่าง ๆ

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา หรือ “Exploration” เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ในการสำรวจ นักเรียนสำรวจและค้นหาในเนื้อหา และสร้างแนวความคิดที่ได้มาจากประสบการณ์ของ นักเรียนเอง และกำหนดปรากฏการณ์ที่ได้จากการสำรวจ โดยการสร้างคำพูดเป็นของตนเอง ผู้เรียน มีเวลาและโอกาสในการที่จะพูดคุยกับนักเรียนคนอื่น ๆ จากนั้นนักเรียนก็สร้างองค์ความรู้ และ ทำความเข้าใจด้วยตนเอง และในขณะที่เดียวกันก็ทำความเข้าใจในเรื่องของคนอื่นด้วย

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย หรือ “Explanation” เป็นขั้นที่ได้มาจากการสำรวจ ค้นคว้า ซึ่งผู้เรียน ได้ดำเนินการมาแล้ว นักเรียนควรจะสามารถกำหนดแนวความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของ นักเรียนเอง โดยผ่านประสบการณ์และความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่ และสามารถประมวล เป็นความรู้เพื่อถ่ายทอดและสื่อสารไปยังผู้อื่นได้

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ หรือ “Elaboration” เป็นขั้นที่นักเรียนมีโอกาสในการประยุกต์ใช้ แนวความคิดรวบยอดนำไปสู่การค้นหาในสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ละเอียดและระดับลึกลงไป นักเรียนสามารถค้นคว้ารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษา และสำรวจตรวจสอบได้มากขึ้น ตลอดจน มีการใช้ทักษะต่าง ๆ และมีการอภิปรายและเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกับผู้อื่น ขั้นนี้ผู้เรียนควรจะ ได้รับความรู้ ความเข้าใจและแนวความคิดรวบยอดที่ลึกลงไป

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล หรือ “Evaluation” เป็นขั้นที่สำคัญเนื่องจากนักเรียนได้รับ ผลสะท้อนย้อนกลับจากประสบการณ์และความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนจะยังคงมีการพัฒนา แนวความคิดรวบยอดและความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง นักเรียนจะประเมินความเข้าใจของนักเรียน จากแนวความคิดที่เป็นกุญแจสำคัญ และการพัฒนาทักษะพื้นฐานที่จำเป็น



ภาพที่ 2-2 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2545) ได้เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

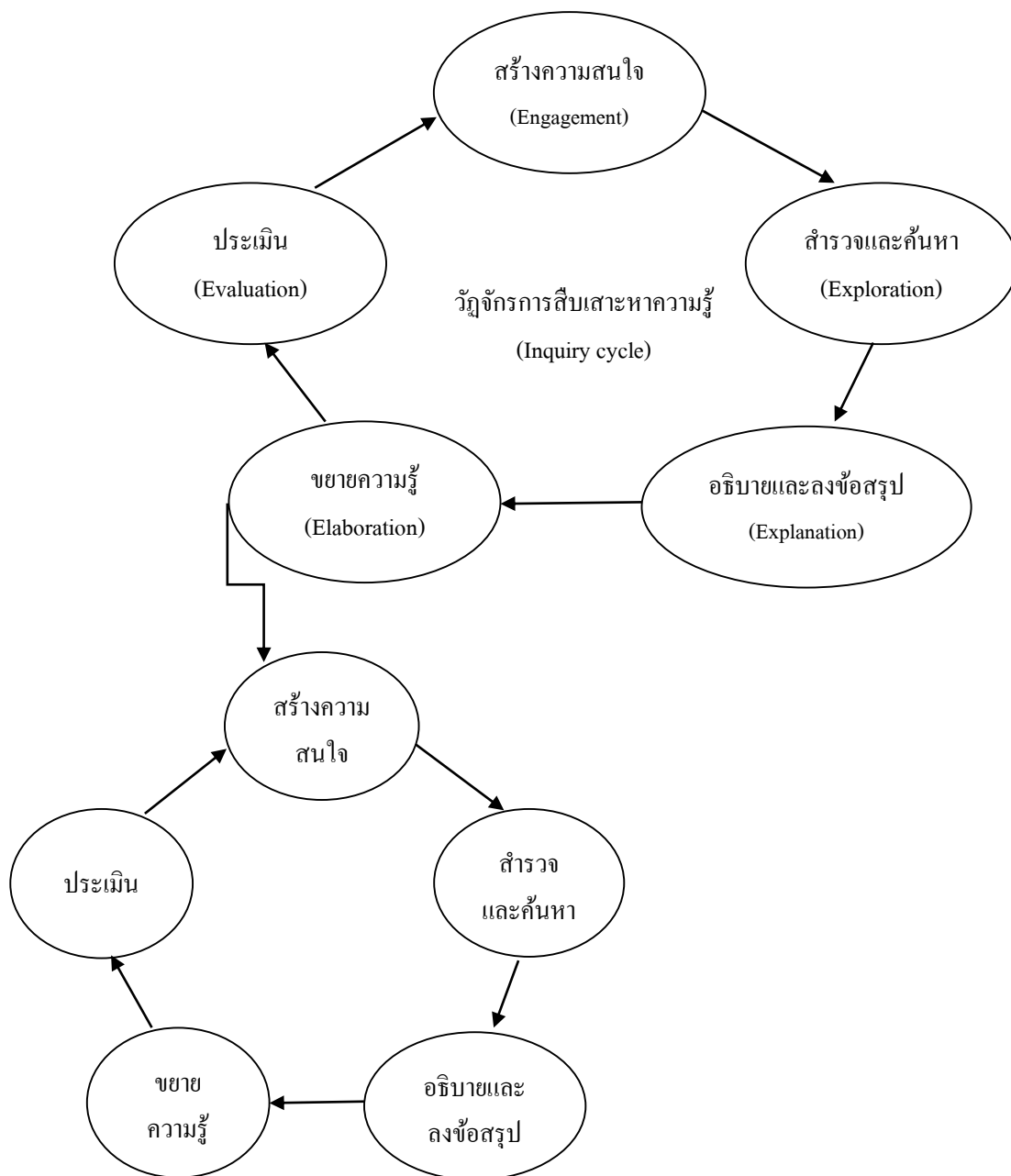


ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เพื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสารสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) แม้จะดำเนินขั้นตอนไปยังไม่ครบวัฏจักรก็สามารถขึ้นต้นวัฏจักรใหม่เพื่อสืบเสาะเรื่องใหม่ซ้อนอยู่ในวัฏจักรเดิมได้อีก เช่น เมื่อครูจัดกิจกรรมอยู่ในขั้นขยายความรู้ ครูไม่ใช่วิธีการบรรยาย แต่ครูต้องการจัดกิจกรรมอื่นแทน ดังนั้น ครูอาจสร้างความสนใจเพื่อให้นักเรียนสงสัยต่อแล้วสำรวจและค้นหาเพิ่มเติมต่อไป (สมบัติ การจนารักพงศ์, 2549, หน้า 7) ดังภาพที่ 2-3



ภาพที่ 2-3 วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ที่เกิดจากการประยุกต์ใช้ (สมบัติ การจรรักษ์พงศ์, 2549)

นอกจากนี้ ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554, หน้า 96-97) ยังได้กล่าวถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es Cycle model) ไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นี้อยู่บนรากฐานของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

### ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ หรือ “Engage”

เป็นขั้นของการนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดอาการอยากเรียนและสนใจ กิจกรรมควรอยู่บนพื้นฐานของประสบการณ์ที่ได้เรียนมาแล้วในอดีต และนำมาเชื่อมกับประสบการณ์เรียนรู้ในปัจจุบัน บทบาทของครูจะทำหน้าที่ในการตั้งคำถาม ถาถามนักเรียน กำหนดปัญหา ซึ่งให้เห็นประเด็นที่เป็นข้อโต้แย้งกัน นักเรียนควรจะมีคามอยากรู้อยากเห็นในปัญหากระบวนการ และทักษะต่าง ๆ

### ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา หรือ “Explore”

เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมต่าง ๆ ในการสำรวจ นักเรียนสำรวจและค้นหาในเนื้อหา และสร้างแนวความคิดที่ได้มาจากประสบการณ์ของนักเรียนเอง และกำหนดปรากฏการณ์ที่ได้จากการสำรวจ โดยการสร้างคำพูดเป็นของตนเอง ผู้เรียนมีเวลาและโอกาสในการที่จะพูดคุยกับนักเรียนคนอื่น ๆ จากนั้นนักเรียนก็สร้างองค์ความรู้ และทำความเข้าใจด้วยตนเอง และในขณะที่เดียวกันก็ทำความเข้าใจในเรื่องของคนอื่นด้วย

### ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบาย หรือ “Explain”

เป็นขั้นที่ได้มาจากการสำรวจ ค้นคว้า ซึ่งผู้เรียนได้ดำเนินการมาแล้ว นักเรียนควรจะสามารถกำหนดแนวความคิดรวบยอดตามความเข้าใจของนักเรียนเอง โดยผ่านประสบการณ์และความรู้เดิมของผู้เรียนที่มีอยู่ และสามารถประมวลเป็นความรู้เพื่อถ่ายทอดและสื่อสารไปยังผู้อื่นได้

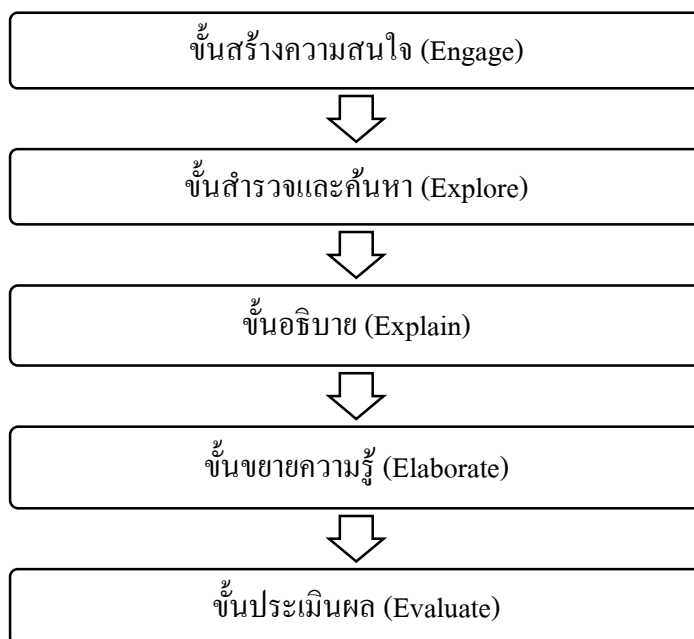
### ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ หรือ “Elaborate หรือ Extend”

ขั้นนี้ผู้เรียนมีโอกาสนในการประยุกต์ใช้แนวความคิดรวบยอดนำไปสู่การค้นหาลู่ทางใหม่ ๆ ที่ละเอียดและระดับลึกลงไป นักเรียนสามารถค้นคว้ารายละเอียดในสิ่งที่ต้องการศึกษา และสำรวจตรวจสอบได้มากขึ้น ตลอดจนมีการใช้ทักษะต่าง ๆ และมีการอภิปรายแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกันกับผู้อื่น ขั้นนี้ผู้เรียนควรจะได้รับความรู้ ความเข้าใจและแนวความคิดรวบยอดที่ลึกลงไป

### ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล หรือ “Evaluate”

เป็นขั้นที่สำคัญเนื่องจากนักเรียนจะได้รับผลสะท้อนย้อนกลับ (Feedback) จากประสบการณ์ และความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนจะยังคงมีการพัฒนาแนวความคิดรวบยอดและความเข้าใจอย่างต่อเนื่อง นักเรียนจะประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากแนวความคิดที่เป็นกุญแจสำคัญ และการพัฒนาของทักษะพื้นฐานที่จำเป็น

และได้สรุปขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ข้างต้นดังภาพที่ 2-4



ภาพที่ 2-4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554)

ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามสถาบันส่งเสริม  
 การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากเป็นขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ใน  
 ปัจจุบัน ทั้งยังสอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษาของ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี อีกด้วย

#### หน้าที่ครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

Bybee et al. (2006, pp. 33-34) ได้กล่าวถึง บทบาทของนักเรียนและครูในการจัด  
 การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ดังตารางที่ 2-3 และตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-3 บทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดการ เรียนการสอน	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
1. การสร้าง ความสนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้</li> <li>- แสดงความสนใจ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ถามหาข้อมูลที่ต้องการ</li> <li>- ตอบเฉพาะคำตอบที่ต้องการ</li> <li>- ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบายค้นหาวิธีการแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว</li> </ul>
2. การสำรวจและ ค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม</li> <li>- ทดสอบการคาดคะเนและสมมติฐาน</li> <li>- คาดคะเนและตั้งสมมติฐาน</li> <li>- พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น ๆ</li> <li>- บันทึกการสังเกต ข้อคิดเห็น</li> <li>- ถามคำถามที่เกี่ยวข้อง</li> <li>- ลงข้อสรุป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบไม่มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น</li> <li>- ปฏิบัติอย่างสับสนไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน</li> <li>- เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิดต่อ</li> </ul>
3. การอธิบาย (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้</li> <li>- ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์</li> <li>- ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย</li> <li>- ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย</li> <li>- อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายโดยไม่มี การเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม</li> <li>- ยกตัวอย่างและประสบการณ์ที่ไม่เกี่ยวข้องกัน</li> <li>- ขอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล</li> <li>- ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลที่พอจะเชื่อถือได้</li> </ul>

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการ เรียนการสอน	สิ่งที่นักเรียนควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึกการสังเกต มาประกอบคำอธิบาย</li> <li>- ประเมินความเข้าใจของตนเอง</li> </ul>	
4. การขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- บอกสัญลักษณ์ คำจำกัดความ คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม</li> <li>- ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถาม เสนอวิธีการแก้ปัญหา การตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง</li> <li>- ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล จากหลักฐานที่ปรากฏ</li> <li>- บันทึกการสังเกตและอธิบาย</li> <li>- ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน</li> <li>- ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มี</li> <li>- อภิปรายผลโดยไม่มีหลักฐาน ไม่สมเหตุสมผล</li> <li>- อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้ หรือกำหนดไว้</li> </ul>
5. การประเมินผล (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกตหลักฐาน และคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ</li> <li>- ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ด้วยตนเอง</li> <li>- ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว</li> <li>- ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิด และอธิบายให้คำจำกัดความโดยใช้ความจำ</li> <li>- ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดงความเข้าใจด้วยคำพูดของตนเอง</li> </ul>

ตารางที่ 2-4 บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอนการจัดการเรียน การสอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
1. การสร้างความสนใจ (Engagement)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สร้างความสนใจ</li> <li>- สร้างความอยากรู้อยากเห็น</li> <li>- ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด</li> <li>- ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมกับสิ่งที่นักเรียนรู้ หรือความคิดเกี่ยวกับความคิดรวบยอด หรือเนื้อหาสาระ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- อธิบายความคิดรวบยอด</li> <li>- ให้คำจำกัดความและคำตอบ</li> <li>- สรุปประเด็นให้</li> <li>- จัดเตรียมทุกอย่างไว้ให้</li> <li>- การบรรยาย</li> </ul>
2. การสำรวจ และค้นหา (Exploration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกัน โดยปราศจากการสอนโดยตรงจากครู</li> <li>- สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน</li> <li>- ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน</li> <li>- ใ้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัย ตลอดจนปัญหาต่าง ๆ</li> <li>- ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน</li> <li>- ใ้สิ่งที่นักเรียนจำเป็นต้องรู้</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- เตรียมคำตอบไว้ให้</li> <li>- บอกหรืออธิบายวิธีแก้ปัญหา</li> <li>- จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่</li> <li>- บอกนักเรียนทันทีเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก</li> <li>- ใ้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา</li> <li>- นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน</li> </ul>
3. การอธิบาย (Explanation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิด และสร้างคำนิยามด้วยตนเอง</li> <li>- ถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้เหตุผล และอธิบายให้ชัดเจน</li> <li>- กำหนดรูปแบบการอธิบาย</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ขอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือการให้เหตุผลประกอบ</li> <li>- ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน</li> <li>- แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงแนวคิด หรือความคิดรวบยอด หรือทักษะ</li> </ul>

## ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	การสอน	ไม่สอดคล้องกับ 5E
	<p>ให้ชัดเจน</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตน เป็นพื้นฐานในการอธิบายความคิดรวบยอด หรือแนวคิด</li> <li>- ประเมินความเข้าใจของนักเรียน</li> </ul>	
4. การขยายความรู้ (Elaboration)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- คาดหวังให้นักเรียนอธิบายตามคำนิยาม รูปแบบ คำจำกัดความ และการอธิบายสิ่งที่นักเรียนรู้มาแล้ว</li> <li>- ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความคิดและทักษะในสถานการณ์ใหม่</li> <li>- ให้นักเรียนได้สลับ-เปลี่ยนกันในการอธิบาย</li> <li>- ให้นักเรียนใช้ข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามนักเรียน เช่น อะไรบ้างที่นักเรียนรู้อยู่แล้ว ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ให้คำตอบที่ชัดเจน แน่นนอน</li> <li>- บอกนักเรียนทันทีเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก</li> <li>- ใช้เวลามากในการบรรยาย</li> <li>- นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน</li> <li>- อธิบายวิธีแก้ปัญหา</li> </ul>
5. การประเมินค่า (Evaluation)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้</li> <li>- ประเมินความรู้และทักษะของ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ทดสอบคำถามศัพท์และข้อเท็จจริง</li> <li>- ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอดใหม่</li> </ul>



## ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5E	ไม่สอดคล้องกับ 5E
การสอน	<p>นักเรียน</p> <p>- หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิด</p> <p>- ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม</p> <p>- ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไร นักเรียนเรียนรู้ อะไรเกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้น และ จะอธิบายสิ่งเหล่านั้นอย่างไร</p>	<p>- ทำให้เกิดความคลุมเครือ</p> <p>- ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ</p>

ดังนั้น ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูจึงมีบทบาทเป็นผู้กระตุ้นโดยใช้คำถาม เชื่อมโยงความรู้ให้ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนมีความอยากรู้อยากเห็น และสามารถสรุปเป็นความคิดของตนเองได้ โดยปราศจากการสอนเนื้อหาโดยตรง ส่วนนักเรียนจะมีบทบาทในการเรียนโดยมีความสนใจในสิ่งที่ครูสอน เกิดคำถาม ตลอดจนแสดงความคิดเห็น และความคิดรวบยอดของตนเอง

**ข้อดีของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้** (วัชราน เล่าเรียนดี, 2553, หน้า 102)

1. ผู้เรียน ได้สร้างความรู้ด้วยตนเอง
2. คำตอบได้มาจากการสืบเสาะและสรุปด้วยตัวผู้เรียนเอง จึงจำได้นาน เพราะจำด้วยความเข้าใจ
3. เป็นการกระตุ้นความคิดแบบสร้างสรรค์และคิดอย่างหลากหลายแนวทาง
4. เป็นการเน้นทักษะการคิดระดับสูง (คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า)
5. มีการบูรณาการทักษะการคิดทั้งความรู้หรือข้อมูลที่ผู้เรียนจะต้องจัดการกับข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ เช่น ใช้แผนที่ กราฟ และแผนภูมิประเภทต่าง ๆ เป็นต้น

ภพ เลาห์ไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึงข้อดีของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้อยู่ตลอดเวลา
2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกความคิด ฝึกการกระทำ ทำให้เรียนรู้วิธีการจัดระบบความคิด และวิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนและถ้อยโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นาน และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้อีกด้วย
3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนการสอน
4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนคติและหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544) ได้สรุปข้อดีของวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้หลายประการ ดังต่อไปนี้

1. เป็นการพัฒนาศักยภาพด้านสติปัญญา คือฉลาดขึ้น เป็นนักริเริ่มสร้างสรรค์และนักจัดระเบียบ
2. เป็นการค้นพบตนเอง ทำให้เกิดแรงจูงใจภายในมากกว่าการเรียนแบบท่องจำ
3. ฝึกให้นักเรียนหาวิธีค้นหาความรู้ ปัญหาด้วยตนเอง
4. ช่วยให้จดจำความรู้ได้นานและสามารถถ้อยโยงความรู้ได้
5. นักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนการสอน จะทำให้บรรยากาศการเรียนมีชีวิตชีวา
6. ช่วยพัฒนาอ้อมโนทัศน์แก่ผู้เรียน
7. พัฒนาให้นักเรียนมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์
8. ช่วยให้นักเรียนเกิดความเชื่อมั่นว่าจะทำการสิ่งใด ๆ จะสำเร็จด้วยตนเอง สามารถคิดและแก้ปัญหาด้วยตนเอง ไม่ย่อท้อต่ออุปสรรค
9. นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์
10. นักเรียนได้ประสบการณ์ตรง ฝึกทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์
11. สามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้
12. เพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิธีค้นคว้าหาความรู้อย่างเป็นกระบวนการ โดยเริ่มตั้งแต่การพิจารณาหาประเด็นปัญหา การวิเคราะห์สภาพปัญหา การสำรวจข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และการสรุปอย่างมีเหตุผล
13. เพื่อฝึกให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการทำงานกลุ่ม การเป็นผู้นำและผู้ตาม ยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นตามหลักประชาธิปไตย

14. เพื่อฝึกให้ผู้เรียนกล้าคิด กล้าแสดงออก กล้าตัดสินใจ มีความรับผิดชอบ และมีความมุ่งมั่นในการทำงานให้สำเร็จ

15. เพื่อปลูกฝังให้ผู้เรียนมีนิสัยรักการศึกษาค้นคว้า ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จะทำให้ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้ มีความใฝ่รู้ ใฝ่เรียน มีทักษะการคิดที่เป็นระบบ สมเหตุสมผล สามารถประยุกต์องค์ความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ ทั้งยังสามารถแก้ปัญหาได้ด้วยตนเอง

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ซึ่งประกอบด้วย 5 ชั้น ดังนี้

1. ชั้นสร้างความสนใจ
2. ชั้นสำรวจและค้นหา
3. ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป
4. ชั้นขยายความรู้
5. ชั้นประเมิน

## การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

### ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Good (1973, p. 608) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง การคิดที่ดำเนินการตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิงอันนำมาสู่ข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและใช้กระบวนการทางตรรกวิทยาอย่างถูกต้อง สมเหตุสมผล

Ennis (1985, p. 45) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง ผลของการคิดอย่างมีเหตุผลเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจว่า สิ่งใดควรเชื่อ หรือควรทำเพื่อช่วยในการตัดสินใจนั้นถูกต้อง

วีระ สดสังข์ (2550, หน้า 36) ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า หมายถึง กระบวนการทางปัญญาที่สามารถรับรู้ข้อมูล แล้วนำมาคิดด้วยเหตุผลที่ผ่านการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ กว้างไกล ลึกซึ้ง เพื่อประเมินสภาพการณ์หรือข้อมูลที่ปรากฏและตัดสินใจ โดยคำนึงถึงประโยชน์ส่วนรวมระยะยาว

ราชบัณฑิตยสถาน (2551, หน้า 99) ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง หลักการคิดประเภทหนึ่งที่เน้นกระบวนการพิจารณาและประเมินข้อมูลหลักฐาน

ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่เกิดทุกด้านอย่างรอบคอบ โดยใช้หลักเหตุผลจนกระทั่งได้คำตอบที่เหมาะสม หรือดีที่สุด เพื่อนำไปใช้ในการตัดสินใจ หรือประเมิน หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ

สุคนธ์ สิ้นทพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สิ้นทพานนท์ (2551, หน้า 72) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง กระบวนการคิดที่ใช้เหตุผลโดยมีการศึกษาข้อเท็จจริง หลักฐาน และข้อมูลต่าง ๆ เพื่อประกอบการตัดสินใจ แล้วนำมาพิจารณา วิเคราะห์อย่างสมเหตุสมผล ก่อนตัดสินใจว่าสิ่งใดควรเชื่อหรือไม่ควรเชื่อ

สุวิทย์ มูลคำ และคณะ (2554, หน้า 25) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง การคิดที่มีเหตุผลโดยผ่านการพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบ มีหลักเกณฑ์ มีหลักฐานที่เชื่อถือได้ เพื่อนำไปสู่การสรุปและตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพว่าสิ่งใดถูกต้อง สิ่งใดควรเชื่อ สิ่งใดควรเลือก หรือสิ่งใดควรทำ

บรรจง อมรชีวิน (2556, หน้า 2) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง ความสามารถในการที่จะคิดได้อย่างกระจ่างแจ่มแจ้งและอย่างมีเหตุผล และยังรวมถึง ความสามารถในการที่จะคิดได้อย่างอิสระและการสะท้อนคิด การคิดอย่างไตร่ตรอง

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, หน้า 110) ได้ให้ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า หมายถึง กระบวนการคิดระดับสูง ที่เป็นความสามารถทางปัญญาขั้นสูงและต้องใช้ความสามารถหลากหลายในการคิด เพื่อพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเพื่อการตัดสินใจ ได้แก่ ความสามารถในการคิดรวบยอด การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน เพื่อนำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาอย่างรอบด้าน ทั้งข้อมูลเชิงวิชาการ ข้อมูลด้านสิ่งแวดล้อม และข้อมูลส่วนตัวของผู้คิด ให้เกิดความชัดเจนถูกต้องแม่นยำ เกี่ยวข้องตรงประเด็น สม่าเสมอ คงเส้นคงวา มีหลักฐานตรวจสอบได้ มีเหตุผล มีความลุ่มลึก มีความกว้างขวาง และเป็นธรรมไม่ลำเอียง นำไปสู่การสรุปและตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นปัญหาอย่างถูกต้องเหมาะสม

จากความหมายที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือ ความสามารถในการตัดสินใจเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล เป็นกระบวนการทางความคิดที่นำความรู้ที่มีอยู่มาใช้ในการหาข้อสรุป โดยผ่านการใคร่ครวญมาแล้วอย่างรอบคอบ สมเหตุสมผลมากที่สุด

#### **กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ**

Dressel (1957 อ้างถึงใน อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์, 2555 ข, หน้า 96-97) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า ประกอบด้วย

1. การนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการวิเคราะห์ข้อความหรือสถานการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นปัญหา ตระหนักถึงความเป็นอยู่ของปัญหา สามารถบอกลักษณะของปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งการนิยามปัญหานี้มีความสำคัญมากสำหรับการอ่านและฟังเรื่องราว

2. การเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา เป็นความสามารถในการพิจารณา และเลือกข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง พิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล พิจารณาความพอเพียงของข้อมูล จัดระบบข้อมูล ซึ่งมีความสำคัญในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และมีผลกับความสามารถในการมองเห็นว่าอะไรคือปัญหาที่แท้จริง

3. การตระหนักในข้อตกลงเบื้องต้น หรือการระบุข้อสันนิษฐาน เป็นความสามารถในการพิจารณาแยกแยะสมมติฐาน ความน่าเชื่อถือของข้อสมมติฐานของข้อความ หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ การอ้างเหตุผลสนับสนุนสมมติฐาน ความสามารถนี้มีความสำคัญ เพราะทำให้เห็นความแตกต่างของข้อมูลเพื่อลงความเห็นว่าควรยอมรับหรือไม่

4. การกำหนดและเลือกสมมติฐานที่เป็นไปได้มากที่สุด เป็นความสามารถในการกำหนดหรือเลือกสมมติฐานจากข้อความหรือสถานการณ์ให้ตรงกับปัญหาในข้อความหรือสถานการณ์ ความสามารถนี้มีความสำคัญ เพราะทำให้มีความรอบคอบและมีความพยายามในการคิดถึงความเป็นไปได้ของการแก้ปัญหาหรือความเป็นไปได้ของสมมติฐาน

5. การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล เป็นความสามารถในการคิดพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผล โดยคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่เป็นสาเหตุและประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้ความสามารถนี้ มีความสำคัญเพราะทำให้สามารถลงความเห็นได้ตามความจริงจากหลักฐานหรือข้อมูลที่มีอยู่

Watson-Glaser (1964 อ้างถึงใน สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ และคณะ, 2551) ได้กล่าวถึงกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่าประกอบด้วย ทักษะคติ ความรู้ และทักษะในเรื่องต่อไปนี้

1. การอุปนัย
2. การระบุสมมติฐาน
3. การอุปมาน
4. การตีความ
5. การประเมินการอ้างเหตุผล

Decaroli (1973 อ้างถึงใน สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ และคณะ, 2551) กล่าวว่า กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประกอบด้วย

1. การนิยาม เป็นการกำหนดปัญหา ทำความตกลงเกี่ยวกับความหมายของคำ และข้อความ และกำหนดเกณฑ์
2. การกำหนดสมมติฐาน การคิดถึงความสัมพันธ์เชิงเหตุผล หาทางเลือก และการพยากรณ์

3. การประมวลผลข่าวสาร เป็นการระบุข้อมูลที่จำเป็น รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง  
หาหลักฐานและจัดระบบข้อมูล

4. การตีความข้อเท็จจริง และการสรุปอ้างอิงจากหลักฐาน
5. การใช้เหตุผล โดยระบุเหตุและผลความสัมพันธ์เชิงตรรกศาสตร์
6. การประเมินผล โดยอาศัยเกณฑ์ความสมเหตุสมผล
7. การประยุกต์ใช้หรือนำไปปฏิบัติ

Emmis (1985) ได้อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ดังนี้

1. นิยาม ได้แก่ การระบุจุดสำคัญของประเด็นปัญหา ข้อสรุป ระบุเหตุผล การตั้งคำถาม  
ที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ การระบุเงื่อนไขข้อตกลงเบื้องต้น

2. การตัดสินใจข้อมูล ได้แก่ การตัดสินใจที่น่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การตัดสินใจ  
ความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา

3. การอ้างอิงในการแก้ปัญหาและการสรุปอย่างสมเหตุสมผล ได้แก่ การอ้างอิง  
และการตัดสินใจในการสรุปแบบอุปนัยและนิรนัย

ทิสนา แคมมณี (2547, หน้า 305) ได้สรุปกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ ดังนี้

1. ตั้งเป้าหมายในการคิด
2. ระบุประเด็นในการคิด
3. ประมวลผลข้อมูล ทั้งทางด้านข้อเท็จจริง และความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิด  
ทั้งทางกว้าง ลึก และไกล
4. วิเคราะห์ จำแนกแยกแยะข้อมูล จัดหมวดหมู่ของข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้
5. ประเมินข้อมูลที่จะใช้ในแง่ความถูกต้อง ความเพียงพอ และความน่าเชื่อถือ
6. ใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูลเพื่อแสวงหาทางเลือก/ คำตอบที่สมเหตุสมผล  
ตามข้อมูลที่มี

7. เลือกทางเลือกที่เหมาะสมโดยพิจารณาถึงผลที่จะตามมา และคุณค่าหรือความหมายที่  
แท้จริงของสิ่งนั้น

8. ชั่งน้ำหนัก ผลได้ ผลเสีย คุณ-โทษ ในระยะสั้นและระยะยาว
9. ไตร่ตรอง ทบทวนกลับไปมาให้รอบคอบ
10. ประเมินทางเลือกและลงความเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ และคณะ (2551, หน้า 79-80) ได้สรุปกระบวนการคิดอย่างมี  
วิจารณญาณไว้ ดังนี้

1. การทำความเข้าใจกับปัญหา/ ประเด็นสำคัญ/ สถานการณ์ที่พบ

2. การรวบรวมข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการนำมาเป็นแนวทางการแก้ปัญหา
3. การวิเคราะห์ข้อมูล พิจารณาข้อมูล เพื่อหาทางเลือกหรือคำตอบที่ถูกต้อง

อย่างรอบคอบ ประเด็นทางเลือกหลาย ๆ ทาง

4. การสรุป เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจ

จากกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่กล่าวมา ผู้ทำวิจัยสามารถสรุปได้ว่า

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย

1. ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ เพื่อที่จะสามารถระบุปัญหา ประเด็นที่สำคัญ สาระสำคัญ หรือจุดเด่นของสถานการณ์นั้น ๆ ได้

2. ด้านการรวบรวมข้อมูล คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ เพื่อแยกแยะความเหมือน ความแตกต่างของข้อมูล และพิจารณาถึงความเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นั้น ๆ ได้

3. ด้านการประมวลผลข้อมูล คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูล รวบรวมข้อมูล อันนำไปสู่การจัดระบบข้อมูล เพื่อตัดสินใจว่าข้อมูลหรือประเด็นที่ต้องการพิจารณานั้น เป็นจริงหรือไม่เป็นจริง มีความน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือ ได้อย่างมีเหตุผล

4. ด้านการลงข้อสรุป คือ ความสามารถในการพิจารณาข้อมูลหรือสถานการณ์ที่ปรากฏ อย่างเป็นระบบ เพื่อรวบรวมหรือจับใจความสำคัญของข้อมูลหรือสถานการณ์นั้น ๆ ได้อย่างสมเหตุสมผลมากที่สุด

#### **ทักษะสำคัญที่ใช้ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ**

Ennis (1985 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี และคณะ, 2544, หน้า 55-56) ได้กล่าวถึงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณควรประกอบด้วย 12 ทักษะดังต่อไปนี้

1. สามารถกำหนดหรือระบุประเด็นคำถามหรือปัญหา
2. สามารถคิดวิเคราะห์ข้อโต้แย้ง
3. สามารถถามด้วยคำถามที่ท้าทายและตอบคำถามได้อย่างชัดเจน
4. สามารถพิจารณาความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล
5. สามารถสังเกตและตัดสินใจผลข้อมูลที่ได้จากการสังเกตด้วยตนเอง
6. สามารถนิรนัยและตัดสินใจผลการนิรนัย คือสามารถนำหลักการใหญ่ไปแตกเป็นหลักย่อย ๆ ได้ หรือนำหลักการไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้

7. สามารถอุปนัยและตัดสินผลการอุปนัย กล่าวคือ ในการสรุปอ้างอิงไปยังกลุ่มประชากรนั้น ต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลอย่างถูกต้องตามแผนที่กำหนด และมีข้อมูลเพียงพอต่อการสรุปแบบอุปนัย

8. สามารถตัดสินคุณค่าได้

9. สามารถให้ความหมายคำต่าง ๆ และตัดสินความหมาย เช่น สามารถให้คำนิยามเชิงปฏิบัติได้

10. สามารถระบุข้อสันนิษฐานได้

11. สามารถตัดสินใจเพื่อนำไปปฏิบัติได้ เช่น การกำหนดปัญหา

12. การปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น

Huot (1998 อ้างถึงใน ลักษณะ สรีวิวัฒน์, 2549) ได้กล่าวถึงทักษะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

1. ทักษะความสามารถที่จะประเมินและตัดสินข้อมูล ข้ออ้างหรือข้อถกกัน ได้ สำหรับการประเมินและตัดสินข้อมูล ข้ออ้าง หรือข้อถกเถียงจำเป็นจะต้องใช้การวิเคราะห์ข้อสันนิษฐานและสรุปหาเหตุผลว่า ข้อมูลหรือข้อถกเถียงนั้นมีหลักฐานถูกต้องเพียงพอที่จะเชื่อถือหรือรับฟังได้หรือไม่ อย่างไร

2. ทักษะความสามารถรวบรวม วิเคราะห์ และจัดระเบียบข้อมูลในการรวบรวมวิเคราะห์ และจัดระเบียบข้อมูล จำเป็นต้องได้ข้อมูลจากหลาย ๆ ทางด้วยกัน ทักษะนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

2.1 การรวบรวมข้อมูล ส่วนนี้เป็นทักษะของการใช้ความรู้โดยตรง

2.2 การวิเคราะห์ข้อมูล ส่วนนี้เป็นแก่นของการใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

โดยผู้เรียนต้องแยกให้ออกว่าข้อมูลใดจำเป็นและมีความน่าเชื่อถือ

2.3 การจัดระเบียบข้อมูล โดยใช้หลักเปรียบเทียบความเหมือน หรือความแตกต่าง การจัดหมวดหมู่ จัดลำดับ

3. ทักษะความสามารถที่จะประเมินและตรวจสอบความคิดตนเอง ระหว่างที่แก้ปัญหา และตัดสินปัญหาอย่างมีขั้นตอน

4. ทักษะความสามารถสร้างสรรค์ยุทธวิธีใหม่ ๆ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ หรือผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ ได้ตามที่ต้องการ

ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556, หน้า 126) ได้กล่าวถึง ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณว่า ประกอบไปด้วยทักษะต่าง ๆ ดังนี้



1. การนิยามปัญหา การให้ความกระจ่างกับปัญหาคิดให้ชัดเจนสามารถรู้และเข้าใจสถานการณ์ ปัญหาที่แท้จริงได้ สามารถระบุและจัดลำดับความรุนแรงของปัญหาได้ ระบุสาระสำคัญ จุดเด่นของปัญหา หรือเรื่องราวต่าง ๆ ได้
2. ทักษะการรวบรวมข้อมูล มีทักษะด้านการสื่อสาร การอ่าน เขียน ฟัง พูด ใช้เครื่องมือเทคโนโลยีต่าง ๆ ในการรวบรวมข้อมูลได้ สามารถเลือกข้อมูลที่เหมาะสมและไม่เหมาะสมได้ มีความรู้สึกไวต่อข้อมูล และการได้มาซึ่งข้อมูลต่าง ๆ
3. ทักษะการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นทักษะในการสังเกต การจำแนก แยกแยะข้อมูลได้ ระบุรายละเอียดของข้อมูล สามารถเปรียบเทียบความเหมือนและความต่าง จัดกลุ่ม จัดลำดับความสำคัญ และความรุนแรงของข้อมูลได้
4. ทักษะการสังเคราะห์ข้อมูล เป็นทักษะในการตีความข้อมูล และเลือกใช้ข้อมูลได้ สามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาประมวลและสรุปเป็นความคิดได้
5. ทักษะการประเมินข้อมูล และการประเมินความสำคัญของหลักฐาน ความเหมาะสมของข้อมูล และประเมินข้อโต้แย้งได้อย่างถูกต้อง การเปรียบเทียบ ชั่งน้ำหนักจากข้อมูลที่มีอยู่ว่า ข้อมูลใดจริง ข้อมูลใดเท็จ ข้อมูลใดเกี่ยวข้อง ไม่เกี่ยวข้อง
6. ทักษะการตัดสินใจได้ดี ถูกต้องชัดเจน เป็นประโยชน์ รวดเร็ว และมีเหตุผล ดังนั้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะทำให้เกิดทักษะต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการนิยามปัญหา เพื่อเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การประเมินข้อมูลว่าข้อมูลนั้นมีความน่าเชื่อถือหรือไม่ และทักษะการสรุป อันนำไปสู่การตัดสินใจอย่างมีเหตุผล

#### องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Feeley (1976 อ้างถึงใน สุคนธ์ สิ้นทพานนท์ และคณะ, 2551) ได้แยกองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 10 ประการ คือ

1. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริง และความรู้สึกหรือความคิดเห็น
2. การพิจารณาความเชื่อถือได้ของแหล่งข้อมูล
3. การพิจารณาความถูกต้องตามข้อเท็จจริงของข้อความนั้น
4. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อมูล ข้อคิดเห็น หรือเหตุผลที่เกี่ยวข้อง และไม่เกี่ยวข้อง กับเหตุการณ์นั้น
5. การค้นหาสิ่งที่เป็นอคติหรือความลำเอียง
6. การระบุถึงข้ออ้าง ข้อสมมติที่ไม่กล่าวไว้ก่อน
7. การระบุถึงข้อคิดเห็นหรือข้อโต้แย้งที่ยังคลุมเครือ

8. การแยกความแตกต่างระหว่างข้อคิดเห็นที่สามารถพิสูจน์ความถูกต้องได้

9. การตระหนักในสิ่งที่ไม่คงที่ตามหลักการและเหตุผล

10. การพิจารณาความมั่นคงหนักแน่นในข้อโต้แย้งหรือข้อคิดเห็น

ชนาธิป พรกุล (2545) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. การให้คำจำกัดความและการทำให้กระจ่าง ทักษะที่ฝึก ได้แก่ การระบุข้อสรุป การระบุเหตุผลที่กล่าวถึง การระบุเหตุผลที่ไม่ได้กล่าวถึง การเปรียบเทียบความเหมือนและความแตกต่าง การระบุและการจัดการกับสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง และการสรุปย่อ
  2. การตั้งคำถามที่เหมาะสมเพื่อให้กระจ่างหรือท้าทาย เช่น ข้อความสำคัญคืออะไร หมายความว่าอย่างไร ตัวอย่างคืออะไร อะไรไม่ใช่ตัวอย่าง จะนำเรื่องนี้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไร อะไรคือข้อเท็จจริง นี่คือน่าสงสัยหรือไม่ได้พูดถึงหรือไม่มีอะไรที่ยังไม่ได้พูดถึง
  3. การตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล โดยพิจารณาจากคามมีชื่อเสียง ความสอดคล้องกันระหว่างแหล่งข้อมูล ความไม่ขัดแย้งประโยชน์ ความสามารถในการให้เหตุผล
  4. การแก้ปัญหาและการลงข้อสรุป โดยวิธีการนิรนัยและตัดสินอย่างเที่ยงตรง  
วิธีการอุปนัยและตัดสินข้อสรุป การคาดคะเนผลที่จะเกิดตามมา
- วีระ สูดสังข์ (2550, หน้า 38) ได้แบ่งองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้
  1. จุดหมาย คือ เป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ของการคิด คือ คิดเพื่อหาแนวทางแก้ปัญหาหรือคิดเพื่อหาความรู้
  2. ประเด็นคำถาม คือ ปัญหาหรือคำถามที่ต้องการรู้ ผู้คิดสามารถระบุคำถามของปัญหาต่าง ๆ รวมทั้งระบุปัญหาสำคัญที่ต้องการแก้ไขหรือคำถามสำคัญที่ต้องการรู้
  3. สารสนเทศ คือ ข้อมูล ข้อความรู้ต่าง ๆ เพื่อใช้ประกอบการคิด ข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มาควรมีความกว้าง ลึก ชัดเจน ยืดหยุ่นได้และมีความถูกต้อง
  4. ข้อมูลเชิงประจักษ์ คือ ข้อมูลที่ได้มานั้นต้องเชื่อถือได้ มีความชัดเจน ถูกต้อง และมีความเพียงพอต่อการใช้เป็นพื้นฐานของการคิดอย่างมีเหตุผล
  5. แนวคิดอย่างมีเหตุผล คือ แนวคิดทั้งหลายที่มีอยู่ อาจรวมถึง กฎ ทฤษฎี หลักการ ซึ่งแนวคิดดังกล่าวมีความจำเป็นสำหรับการคิดอย่างมีเหตุผล และแนวคิดที่ได้มานั้นต้องมีความเกี่ยวข้องกับปัญหาหรือคำถามที่ต้องการหาคำตอบ และเป็นแนวคิดที่ถูกต้องด้วย
  6. ข้อสันนิษฐาน เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล เพราะผู้ที่คิดต้องมีความสามารถในการตั้งข้อสันนิษฐานให้มีความชัดเจน สามารถตัดสินได้เพื่อประโยชน์ในการหาข้อมูลมาใช้ในการคิดอย่างมีเหตุผล

7. การนำไปใช้และผลที่ตามมา เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งผู้คิดต้องคำนึงถึงผลกระทบ คือ ต้องมีความคิดไกล มองเห็นเหตุกับผลที่ตามมา รวมกับการนำไปใช้ได้หรือไม่เพียงใด

ดังนั้น องค์ประกอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย วัตถุประสงค์ของการคิด การระบุคำถามที่ต้องการรู้ ข้อมูลหรือสารสนเทศต่าง ๆ การคิดอย่างมีเหตุผล และการลงข้อสรุปเพื่อตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งองค์ประกอบเหล่านี้จะส่งเสริมให้เกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

### ความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ลักษณะ สิริวัฒน์ (2549, หน้า 101) กล่าวถึงความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 2 ลักษณะ คือ

1. ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณในการตัดสินใจ เช่น ตัดสินใจในการเลือกอาชีพ หรือตัดสินใจเลือกบุคคลมาร่วมทำงานด้วย เป็นต้น ซึ่งล้วนแล้วแต่จำเป็นเนื่องจากเป็นพฤติกรรมที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวัน เนื่องจากความจำเป็นต้องใช้เมื่อเราต้องเกี่ยวข้องกับบุคคลในสังคม

2. ใช้การคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่องเกี่ยวกับความรู้ การเรียนรู้ การสนทนาหรืออภิปรายรวมถึงการแก้ปัญหาต่าง ๆ มีนักการศึกษาหลายท่านมีความเห็นตรงกันว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะสำคัญที่ใช้ในการเรียนรู้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อตัวผู้เรียน และยังเป็นเครื่องมือในการดำเนินชีวิตในสังคมที่สอดคล้องกับความเป็นอยู่ในยุคแห่งเทคโนโลยีก้าวหน้า

บรรจง อมรชิวิน (2556, หน้า 17-18) ได้กล่าวถึง ความสำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณนับว่าเป็นทักษะการคิดทั่วไปที่สำคัญ เพราะทำให้มีความสามารถในการคิดได้อย่างแจ่มแจ้งชัดเจนและมีเหตุผล นับว่าเป็นเรื่องที่สำคัญไม่ว่าเราจะทำอะไรก็ตามในทุกสาขาวิชา อาชีพ ล้วนต้องการอย่างเห็นได้ชัด เพราะการคิดได้ดีย่อมนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ

2. มีความสำคัญอย่างมากต่อเศรษฐกิจฐานความรู้ใหม่ ความรู้เศรษฐกิจระดับโลกล้วนขับเคลื่อนด้วยสารสนเทศและเทคโนโลยี การที่ต้องเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงที่รวดเร็วได้อย่างมีประสิทธิภาพ เศรษฐกิจโลกใหม่จำเป็นต้องมีการเพิ่มขึ้นในเรื่องของทักษะทางปัญญาที่มีความยืดหยุ่นและความสามารถในการวิเคราะห์และบูรณาการข้อมูลจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ในการช่วยแก้ปัญหาที่ซับซ้อนขึ้น

3. การช่วยเพิ่มพูนทักษะทางด้านภาษาและการนำเสนอ การคิดได้อย่างแจ่มแจ้งชัดเจนและเป็นระบบจะช่วยให้เราได้มากในการแสดงออกทางความคิดของเรา ในการเรียนรู้ที่จะวิเคราะห์

โครงสร้างเชิงตรรกะของเรา การคิดอย่างมีวิจารณญาณก็จะช่วยปรับปรุงความสามารถในการทำความเข้าใจเรื่องต่าง ๆ

4. ช่วยส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ ในการที่จะได้ทางแก้ปัญหา ทางออกอย่างสร้างสรรค์ ไม่ได้เกี่ยวข้องกับเฉพาะการมีความคิดใหม่ ๆ แต่ความคิดใหม่ ๆ ที่จะก่อเกิดต้องสอดคล้องกับงานด้วย ในประเด็นตรงนี้นี่เองที่การคิดอย่างมีวิจารณญาณจะมีบทบาทอย่างสำคัญในการช่วยประเมินความคิดใหม่ ๆ การคัดเลือกว่าดีที่ที่สุดและที่คัดแปลงมันหากว่าจำเป็น

5. การคิดอย่างมีวิจารณญาณนับว่าสำคัญต่อการสะท้อนตัวตน ในการที่เราจะมีชีวิตอยู่อย่างมีความหมายและวางโครงสร้างชีวิตได้อย่างเหมาะสมนั้น เราจำเป็นต้องมีความสมเหตุสมผล และสะท้อนด้วยค่านิยมและการตัดสินใจของเรา การคิดอย่างมีวิจารณญาณนับเป็นเครื่องมือสำหรับกระบวนการในการประเมินตนเองของเรา

ดังนั้น การคิดอย่างมีวิจารณญาณจึงมีความสำคัญกับทุกคน ซึ่งจะทำให้เกิดการคิดอย่างมีเหตุผล สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีระบบ ทั้งยังมีความสำคัญต่อสภาพสังคมในปัจจุบัน ซึ่งมีข้อมูล สารสนเทศจากแหล่งต่าง ๆ มากมายที่ต้องพิจารณาว่าข้อมูลนั้นมีความน่าเชื่อถือมากน้อยเพียงใด อย่างสมเหตุสมผล

#### ประโยชน์ของการสอนให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ

Paul (1993 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี และคณะ, 2544, หน้า 59-60) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนให้คิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานอย่างมีหลักการและเหตุผล และได้งานที่มีประสิทธิภาพ
2. ช่วยให้ผู้เรียนประเมินงาน โดยใช้เกณฑ์อย่างสมเหตุสมผล
3. ส่งเสริมให้รู้จักประเมินตนเองอย่างมีเหตุผล และมีทักษะในการตัดสินใจ
4. ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เนื้อหาอย่างมีความหมายและเป็นประโยชน์
5. ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา
6. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถกำหนดเป้าหมาย รวบรวมข้อมูลเชิงประจักษ์ ค้นคว้า ทฤษฎี หลักการ ตั้งข้อสันนิษฐาน ตีความหมาย และลงข้อสรุป
7. ช่วยให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จในการใช้ภาษาและการสื่อความหมาย
8. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างชัดเจน คิดอย่างถูกต้อง คิดอย่างแจ่มแจ้ง คิดอย่างกว้างขวาง และคิดอย่างลุ่มลึก ตลอดจนคิดอย่างสมเหตุสมผล
9. ช่วยให้ผู้เรียนเป็นผู้มีปัญญา กอปรด้วยความรับผิดชอบ ความมีระเบียบวินัย ความเมตตา และเป็นผู้มีประโยชน์

10. ช่วยให้ผู้เรียนสามารถอ่าน เขียน พูดย ฟัง ได้ดี

11. ช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่อง

ในสถานการณ์ที่โลกมีการเปลี่ยนแปลงสู่ยุคข่าวสารข้อมูลสารสนเทศ

สุคนธ์ สิ้นทพานนท์ และคณะ (2551, หน้า 73) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการสอนให้คิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. มีความมั่นใจในการเผชิญปัญหาต่าง ๆ และแก้ไขปัญหานั้น ๆ ได้ถูกทาง
2. สามารถตัดสินใจในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมและมีเหตุผล
3. มีบุคลิกภาพดี เป็นคนสุขุมรอบคอบ ละเอียดลอบ ก่อนตัดสินใจในเรื่องใดจะต้องมี

ข้อมูลหลักฐานประกอบ แล้ววิเคราะห์ด้วยเหตุผลก่อนตัดสินใจ

4. ทำกิจการงานต่าง ๆ ประสบความสำเร็จตามเป้าหมายที่กำหนดอย่างมีคุณภาพ

เนื่องจากมีระบบความคิดอย่างเป็นขั้นตอน

5. มีทักษะในการสื่อสารกับผู้อื่นได้ดี ทั้งด้านการอ่าน เขียน ฟัง พูดย

6. การพัฒนาวิธีคิดอย่างมีวิจารณญาณอยู่เสมอ ส่งผลให้สติปัญญาเฉียบแหลม พัฒนาความสามารถในการเรียนรู้ตลอดชีวิตอย่างต่อเนื่องในสถานการณ์ของโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง

7. เป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัย

8. เป็นผู้ที่ปฏิบัติงานอยู่บนหลักการและเหตุผล ส่งผลให้งานสำเร็จอย่างมีคุณภาพ

ดังนั้น สามารถสรุปได้ว่า การสอนให้คิดอย่างมีวิจารณญาณมีประโยชน์อย่างมาก ซึ่งจะ

ช่วยให้ผู้เรียนมีหลักการ มีเหตุผล สามารถแก้ไขปัญหาคือต่าง ๆ ได้ เป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบ มีทักษะในด้านการ ฟัง พูดย อ่าน เขียนที่ดี รวมทั้งช่วยให้เกิดความรับผิดชอบ มีระเบียบวินัยในตนเอง อันจะนำไปสู่ความสำเร็จในหน้าที่การงานต่าง ๆ

**การนำผลจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ**

ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำจันง (2551, หน้า 64) ได้กล่าวถึงผลจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ไว้ดังนี้

1. การตัดสินใจ เช่น ควรเชื่อ ไม่ควรเชื่อ ควรทำ ไม่ควรทำ
2. การแก้ปัญหา เช่น ตัดสินใจว่าควรเลือก/ ไม่เลือกวิธีการแก้ปัญหาแบบใด
3. การศึกษาวิจัย นำความคิดที่ผ่านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แล้วไปใช้ศึกษาวิจัยให้ได้

ความรู้ใหม่ต่อไป

4. การปฏิบัติ การทำ/ ไม่ทำ การสร้าง/ ผลิต เช่น ลงมือกระทำหรือไม่กระทำ หรือสร้าง

หรือผลิตสิ่งต่าง ๆ ตามความคิดที่ได้ตัดสินใจแล้ว

5. การริเริ่มสร้างสรรค์ เช่น การนำความคิดที่ผ่านการคิดอย่างมีวิจารณญาณแล้วไปใช้ในการคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ผลิตสิ่งแปลกใหม่

ดังนั้น การนำการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ จะทำให้เกิดกระบวนการคิด การตัดสินใจ อย่างเป็นระบบว่าสิ่งนั้นควรแก้ปัญหาอย่างไร อะไรเป็นปัจจัยสำคัญที่เกี่ยวข้อง อันจะนำไปสู่การคิดสร้างสรรค์ และสามารถแก้ปัญหาสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

#### ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เกณฑ์ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ทิสนา แคมมณี และคณะ, 2544)

ผู้ที่คิดอย่างมีวิจารณญาณจะมีความสามารถ ดังนี้

1. สามารถกำหนดเป้าหมายในการคิดอย่างถูกต้อง
2. สามารถระบุประเด็นในการคิดอย่างถูกต้อง
3. สามารถประมวลข้อมูลทั้งทางด้านข้อเท็จจริง และความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นที่คิด ทั้งทางกว้าง ทางลึก และไกล
4. สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะใช้ในการคิดได้
5. สามารถประเมินข้อมูลได้
6. สามารถใช้หลักเหตุผลในการพิจารณาข้อมูล และเสนอคำตอบ/ ทางเลือกที่สมเหตุสมผลได้

7. สามารถเลือกทางเลือก/ ลงความเห็นในประเด็นที่คิดได้

ลักษณะ สิริวัฒน์ (2549) ได้กล่าวถึงความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. สามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างการกระทำของตนเองและผลที่เกิดตามมา
  2. สามารถมีส่วนร่วมในการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นได้ ไม่ใช่เพียงแต่มีการรับรู้การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเท่านั้น
  3. สามารถวิเคราะห์ได้ในกรณีที่มีการนำเสนอเทคโนโลยีหรือการปฏิบัติงานแบบใหม่ ๆ
  4. สามารถโยกย้ายทักษะและความรู้ที่มีอยู่นั้น ไปใช้ในหลาย ๆ ด้านได้เป็นอย่างดี
  5. สามารถออกแบบโครงการระยะยาว
  6. สามารถตรวจสอบการกระทำของบุคคลเกี่ยวกับผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นได้
- ดังนั้น ผู้ที่คิดอย่างมีวิจารณญาณจะทำให้เกิดความสามารถในด้านต่าง ๆ อันประกอบด้วย สามารถวิเคราะห์ข้อมูล ประมวลข้อมูลทั้งด้านที่เป็นจริงและเท็จ สามารถระบุประเด็นปัญหา พร้อมทั้งแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผล ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานใหม่ ๆ

### ประเภทของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยทั่วไปมี 2 ลักษณะ คือ แบบสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิด ซึ่งมีผู้สร้างไว้แล้วกับแบบสอบสำหรับวัดความสามารถในการคิดที่สามารถสร้างขึ้นใช้เองซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (ทิสนา แจมมณี และคณะ, 2544, หน้า 170)

#### 1. แบบสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิด

แบบสอบมาตรฐานที่มีผู้สร้างไว้แล้ว สำหรับใช้วัดความสามารถในการคิด สามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบสอบการคิดทั่วไป และแบบสอบการคิดเฉพาะด้าน

##### 1.1 แบบสอบการคิดทั่วไป

แบบสอบการคิดทั่วไปนี้ เป็นแบบสอบที่มุ่งวัดให้ครอบคลุมความสามารถในการคิด โดยเป็นความคิดที่อยู่บนพื้นฐานของการใช้ความรู้ทั่วไป แบบสอบลักษณะนี้ส่วนใหญ่เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ แบบสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิดทั่วไปที่สำคัญ มีดังนี้

##### 1.1.1 Watson-Glaser critical thinking appraisal

แบบสอบนี้สร้างโดย Watson and Glaser (1937 อ้างถึงใน ทิสนา แจมมณี และคณะ, 2544, หน้า 182) สำหรับใช้กับนักเรียนระดับชั้น ม. 3 ถึงวัยผู้ใหญ่ แบบสอบมีอยู่ 2 แบบ ซึ่งคู่ขนานกันคือ แบบ A และแบบ B แต่ละแบบประกอบด้วย 5 แบบสอบย่อย มีข้อสอบรวมทั้งหมด 80 ข้อ ใช้เวลาสอบ 50 นาที แต่ละแบบสอบย่อยวัดความสามารถในการคิดต่างๆ กัน ดังนี้

1.1.1.1 ความสามารถในการสรุปอ้างอิง (Inference) เป็นการวัดความสามารถในการตัดสินใจและจำแนกความน่าจะเป็นของข้อสรุปว่า ข้อสรุปใดเป็นจริงหรือเท็จ ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปของสถานการณ์ 3-5 ข้อสรุป จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่า ข้อสรุปแต่ละข้อเป็นเช่นไร โดยเลือกจากตัวเลือก 5 ตัวเลือก ได้แก่ เป็นจริง น่าจะเป็นจริง ข้อมูลที่ให้ไม่เพียงพอ น่าจะเป็นเท็จ และเป็นเท็จ

1.1.1.2 ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น (Recognition of assumption) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกว่า ข้อความใดเป็นข้อตกลงเบื้องต้น ข้อความใดไม่เป็นลักษณะของแบบสอบย่อยนี้ มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อความตามมา สถานการณ์ละ 2-3 ข้อความ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินข้อความในแต่ละข้อว่า ข้อใดเป็นหรือไม่เป็นข้อตกลงเบื้องต้นของสถานการณ์ทั้งหมด

1.1.1.3 ความสามารถในการนิรนัย (Deduction) เป็นการวัดความสามารถในการหาข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากสถานการณ์ที่กำหนดมาให้โดยใช้หลักตรรกศาสตร์ ลักษณะของแบบสอบย่อยนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ 1 ย่อหน้า แล้วมีข้อสรุปตามมา

สถานการณ์ละ 2-4 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อเป็นข้อสรุปที่เป็นไปได้ หรือไม่ตามสถานการณ์นั้น

1.1.1.4 ความสามารถในการแปลความ (Interpretation) เป็นการวัดความสามารถในการให้นำหน้าข้อมูลหรือหลักฐานเพื่อตัดสินความเป็นไปได้ของข้อสรุป ลักษณะของแบบสอบข้อนี้มีการกำหนดสถานการณ์มาให้ แล้วมีข้อสรุปสถานการณ์ละ 2-3 ข้อ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปในแต่ละข้อว่าน่าเชื่อถือหรือไม่ ภายใต้สถานการณ์อันนั้น

1.1.1.5 ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้ง (Evaluation of arguments) เป็นการวัดความสามารถในการจำแนกการใช้เหตุผลว่าสิ่งใดเป็นความสมเหตุสมผล ลักษณะของแบบสอบข้อนี้มีการกำหนดชุดของคำถามเกี่ยวกับประเด็นปัญหาสำคัญมาให้ ซึ่งแต่ละคำถามมีชุดของคำตอบพร้อมเหตุผลกำกับ จากนั้นผู้ตอบต้องพิจารณาตัดสินว่าคำตอบใดมีความสำคัญเกี่ยวข้องโดยตรงกับคำถามหรือไม่ และให้เหตุผลประกอบ

#### 1.1.2 Cornell critical thinking test, level X and level Z

Cornell critical thinking พัฒนาโดย Ennis and Millman (1985 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี และคณะ, 2544, หน้า 183-184) พัฒนารุ่นใหม่โดยยึดทฤษฎีของ Ennis เป็นหลัก ทฤษฎีนี้ได้กำหนดว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณมีองค์ประกอบ 3 ส่วน คือ

1.1.2.1 การนิยามปัญหา/ สิ่งเกี่ยวข้องและทำให้กระจ่าง ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ดังนี้

1.1.2.1.1 ระบุประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่สำคัญ ระบุข้อสรุป

1.1.2.1.2 ระบุเหตุผลที่ปรากฏและไม่ปรากฏ

1.1.2.1.3 ตั้งคำถามให้เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์

1.1.2.1.4 ระบุข้อตกลงเบื้องต้น

1.1.2.2 การพิจารณาตัดสินข้อมูล ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ดังนี้

1.1.2.2.1 ตัดสินความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต

1.1.2.2.2 ตัดสินความเกี่ยวข้องของข้อมูลกับปัญหา

1.1.2.2.3 ตระหนักในความคงเส้นคงวาของข้อมูล

1.1.2.3 การอ้างอิงเพื่อการแก้ปัญหาและการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งประกอบด้วยความสามารถต่าง ๆ ดังนี้

1.1.2.3.1 ตัดสินสรุปแบบอุปนัยและอ้างอิง

1.1.2.3.2 การนิรนัย

1.1.2.3.3 ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นตามมา



แบบสอบ Cornell critical thinking test ทั้ง Level X และ Level Z เหมาะสำหรับใช้กับกลุ่มตัวอย่างคนละกลุ่ม และสมรรถภาพที่มุ่งวัดมีความแตกต่างกันตามกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ โดยแบบสอบ Level X ใช้สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงมัธยมศึกษา ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 71 ข้อ โดยวัดองค์ประกอบของการคิด 4 ด้าน คือ ด้านการตัดสินใจ การอ้างอิงแบบอุปนัย การตัดสินใจความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูลและการสังเกต การนิรนัย และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

สำหรับแบบสอบ Cornell critical thinking test, level Z ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักศึกษาระดับปริญญาตรีและบัณฑิตศึกษา รวมทั้งผู้ใหญ่ ประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 52 ข้อ โดยวัดองค์ประกอบ 7 ด้าน คือ การนิรนัย การให้ความหมาย ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การสรุปโดยอ้างเหตุผลที่สนับสนุนด้วยข้อมูล การสรุปโดยการทดสอบสมมุติฐาน และการทำนาย การนิยามและการใช้เหตุผลที่ไม่ปรากฏ และการระบุข้อตกลงเบื้องต้น

#### 1.1.3 Ross test of higher cognitive processes

พัฒนาโดย Ross and Ross (1976 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี และคณะ, 2544, หน้า 185) ใช้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบบสอบมุ่งวัดความสามารถทางสมองขั้นสูงระดับการวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมิน ตามการจัดระดับจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของ Bloom

แบบสอบประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 8 ตอน จำนวน 105 ข้อ ซึ่งแบ่งการสอบออกเป็น 2 ครั้ง ๆ ละประมาณ 1 ชั่วโมง ครั้งแรกสอบตอนที่ 1 ถึง 5 ครั้งที่สองสอบตอนที่ 6 ถึง 8 แบบสอบวัดกระบวนการคิดทางสมอง 8 ตอน ดังนี้

- การอุปมาอุปมัย
- การใช้เหตุผลแบบนิรนัย
- ข้อสมมุติฐานที่ขาดหายไป
- ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม
- การสังเคราะห์ห่อหุ้มเป็นลำดับ
- กลยุทธ์การตั้งคำถาม
- การวิเคราะห์ความตรงประเด็นของสารสนเทศที่ใช้
- การวิเคราะห์คุณลักษณะ

#### 1.1.4 New jersey test of reasoning skills

พัฒนาโดย Shipman (1983 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี และคณะ, 2544,

หน้า 186-187) เน้นการใช้ในโครงการปรัชญาสำหรับเด็กของ Institute for the advancement of philosophy for children ซึ่งสามารถนำไปใช้ทั่วไปได้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ขึ้นไป จนถึงระดับมัธยมศึกษา

แบบสอบถามมุ่งวัดการใช้เหตุผลทางภาษา แบบสอบประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 50 ข้อ ครอบคลุมทักษะ 22 ทักษะ ทักษะที่สำคัญประกอบด้วย

- การแปลความให้อยู่ในรูปของเหตุผล
- การตระหนักถึงการใช้คำถามที่ไม่เหมาะสม
- การหลีกเลี่ยงการด่วนสรุป
- การใช้เหตุผลเชิงอุปมาอุปไมย
- การบ่งชี้ข้อตกลงเบื้องต้น
- การบ่งชี้ความคลุมเครือ
- การเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ
- การระบุเหตุผลที่ดี
- การจำแนกประเภท และขนาดของความแตกต่าง
- การตระหนักถึงการถ่ายโยงความสัมพันธ์

#### 1.1.5 Judgement: Deductive logic and assumption recognition

พัฒนาโดย Shaffer and Steiger (1971 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี และคณะ, 2544, หน้า 187) แบบสอบนี้เป็นแบบสอบประเภทอิงเกณฑ์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-6 แบบสอบประกอบด้วยข้อสอบจำนวน 48 ข้อ ใช้เวลาสอบ 40 นาที

แบบสอบมุ่งวัดความสามารถในการคิดในด้านการตัดสินใจที่น่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล และการสังเกต การลงข้อสรุปแบบนิรนัย อุปนัย และการวัดลักษณะสำคัญที่จำเป็นต่อการคิด

#### 1.1.6 Test of enquiry skills

พัฒนาโดย Fraser (1979 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี และคณะ, 2544, หน้า 188) แบบสอบนี้สำหรับใช้กับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบสอบประกอบด้วยข้อสอบ 87 ข้อ แบบสอบแบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1 การใช้วัสดุอ้างอิง
- ตอนที่ 2 การประมวลผลและแปลผล
- ตอนที่ 3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณในวิชาวิทยาศาสตร์

### 1.1.7 The Ennis-Weir critical thinking essay test

พัฒนาโดย Ennis and Weir (1985 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี และคณะ, 2544, หน้า 189) แบบสอบนี้เป็นแบบอัตนัย ใช้สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและระดับอุดมศึกษา แต่มีผู้นำไปใช้อย่างได้ผลกับเด็กนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 แบบสอบนี้ต้องการทดสอบประเด็นการคิดที่สำคัญเกี่ยวกับการจับประเด็น การพิจารณาเหตุผล และข้อตกลงเบื้องต้น การเสนอประเด็นของตนเอง การใช้เหตุผลที่ดี การพิจารณาประเด็นหรือคำอธิบายที่เป็นไปได้ของผู้อื่น

ในการสอบผู้สอบจะได้อ่านจดหมายสมมุติที่มีผู้เขียนถึงบรรณาธิการหนังสือพิมพ์ฉบับหนึ่ง จดหมายประกอบด้วยข้อความ 8 ย่อหน้า แสดงการโต้แย้งถึงการให้ยกเลิกกฎระเบียบอย่างหนึ่ง งานของผู้สอบคือ จะต้องเขียนตอบจดหมายดังกล่าวด้วยความยาว 8 ย่อหน้าเช่นกัน พร้อมทั้งประเมินความคิดโดยภาพรวมของจดหมายดังกล่าว คู่มือของการสอบมีการระบุถึงลักษณะการตอบที่อาจนำมาใช้ และวิธีการตรวจให้คะแนน เมื่อเข้าใจคำแนะนำแล้วจึงให้ลงมือทำ

### 1.2 แบบสอบความสามารถในการคิดลักษณะเฉพาะ

แบบสอบการคิดประเภทนี้ เป็นแบบสอบที่มุ่งวัดความสามารถในการคิดเฉพาะแบบที่แสดงถึงลักษณะของการคิด เช่น การคิดแบบนิรนัย (Deductive) ความสามารถประเมินข้อมูลที่ได้จากการสังเกต เป็นต้น แบบสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิด ลักษณะเฉพาะที่สำคัญ มีดังนี้

#### 1.2.1 Cornell class reasoning test, form X

พัฒนาโดย Ennis, Gardiner, Morrow, Paulus, and Ringel (1964 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี และคณะ, 2544) แบบสอบนี้ใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบบสอบประกอบด้วยข้อสอบแบบเลือกตอบ 72 ข้อ มุ่งตรวจสอบตรรกะจำนวน 12 หลักการ แต่ละหลักการทดสอบด้วยข้อสอบ 6 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามรูปธรรม 4 ข้อ สัญลักษณ์ 1 ข้อ และการสมมุติ 1 ข้อ

#### 1.2.2 Cornell conditional reasoning test, form X

พัฒนาโดย Ennis, Gardiner, Guzzetta, Morrow, Paulus, and Ringle (1964 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี และคณะ, 2544) แบบสอบนี้ใช้สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบบสอบมีโครงสร้างเหมือนกับ Cornell class reasoning test, form X ซึ่งแบบสอบประกอบด้วย ข้อสอบแบบเลือกตอบ 72 ข้อ แบ่งเป็น 12 กลุ่ม แต่ละกลุ่มทดสอบหลักการให้เหตุผลแตกต่างกัน เนื้อเรื่องครอบคลุมตั้งแต่เรื่องราวที่เป็นรูปธรรม สัญลักษณ์ และเรื่องสมมุติ ส่วนที่ต่างจาก Cornell class reasoning test, form X คือ มีการทดสอบการใช้เหตุผลเชื่อมโยงระหว่างกลุ่มต่าง ๆ ด้วย

### 1.2.3 Logical reasoning

พัฒนาโดย Hertzka and Guilford (1955 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี และคณะ, 2544) เป็นแบบสอบที่วัดความสามารถในการคิดแบบนิรนัย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาและ นักศึกษาระดับอุดมศึกษา แบบสอบประกอบด้วยข้อสอบ 40 ข้อ แบ่งเป็น 2 ตอน ด้วยจำนวน ข้อสอบที่เท่ากัน ใช้เวลาสอบ 30 นาที

### 1.2.4 Test on appraising observations

พัฒนาโดย Norris and King (1983 อ้างถึงใน ทิศนา แจมมณี และคณะ, 2544) เป็นแบบสอบการสังเกตซึ่งเป็นเงื่อนไขสำคัญอย่างหนึ่งของการคิดอย่างมีเหตุผล มุ่งใช้สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แต่ก็อาจนำมาใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น หรือนักเรียน ระดับอุดมศึกษา แบบสอบมีลักษณะเป็นกรณีศึกษาผูกเรื่องเป็น 2 เรื่อง ตอน A เกี่ยวกับอุบัติเหตุ ทางการจราจร และตอน B เป็นเรื่องเกี่ยวกับกลุ่มนักสำรวจ คำถามแต่ละข้อประกอบด้วยข้อความ 2 ข้อความ เกี่ยวข้องกับเนื้อเรื่องให้เลือก ผู้ตอบจะต้องเลือกว่าข้อความใดน่าเชื่อถือกว่ากัน คำตอบ ถูกจัดทำให้เข้ากับหลักของการประเมินความน่าเชื่อถือของข้อความที่ได้จากการสังเกต โดย ข้อความจากการสังเกตมีแนวโน้มที่น่าเชื่อถือ ผู้สังเกตมีการตื่นตัว ไม่มีส่วนได้ส่วนเสีย มีทักษะ ในเทคนิคที่ใช้ มีเวลาสังเกตพอเพียง ใช้เครื่องมือเหมาะสม ข้อความสรุปจากช่วงเวลาที่ได้ การสังเกต จากผู้สังเกตโดยตรง และข้อความไม่ใช่เป็นการตอบคำถามนำ (Leading question)

## 2. การสร้างแบบวัดการคิดขั้นสูง

ถ้าแบบสอบมาตรฐานสำหรับการคิดที่มีใช้กันอยู่ทั่วไปไม่สอดคล้องกับเป้าหมายการวัด เช่น จุดเน้นที่ต้องการ ขอบเขตความสามารถทางการคิดที่มุ่งวัด หรือกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการใช้ แบบสอบ เป็นต้น ก็สามารถสร้างแบบวัดการคิดขั้นสูงเองได้

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) กล่าวว่า การวัดความสามารถในการคิดโดยใช้แบบสอบ สามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบสอบข้อเขียน (Paper-pencil tests) และแบบสอบ ปฏิบัติการ (Performance tests) แบบสอบข้อเขียนนั้นนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากใช้งาน และสะดวกสำหรับผู้สอบทั้งกลุ่มเล็กและกลุ่มใหญ่ ในการพัฒนาแบบสอบข้อเขียนเพื่อวัด ความสามารถในการคิด ผู้พัฒนาสามารถเลือกรูปแบบการสร้างแบบสอบประเภทปรนัย (Objective tests) หรือแบบสอบประเภทอัตนัย (Subjective tests) สำหรับแบบสอบประเภทปรนัยเป็น แบบสอบที่ใช้เวลาในการสร้างมากแต่ตรวจง่าย และนิยมพัฒนาเป็นแบบสอบมาตรฐาน รูปแบบ การตอบที่นิยมใช้กัน เช่น แบบสอบหลายตัวเลือก (Multiple-choice tests) เป็นต้น ส่วนแบบสอบ ประเภทอัตนัยเป็นแบบสอบที่สร้างง่ายแต่ตรวจยาก การพัฒนาเป็นแบบสอบมาตรฐานจึงกระทำ ได้ยาก รูปแบบการตอบที่นิยมใช้กัน เช่น การตอบสั้น (Short answer) การเขียนตอบตามกรอบ

ที่กำหนด (Restricted essay tests) การเขียนตอบอย่างเป็นอิสระ (Extended essay tests) เป็นต้น  
 ดังนั้น แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะมี 2 ลักษณะ คือ  
 แบบสอบมาตรฐานที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการคิด และแบบสอบสำหรับวัดความสามารถ  
 ในการคิดที่สร้างขึ้นเอง โดยจะมีลักษณะทั้งที่เป็นแบบปรนัยและแบบอัตนัย

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยใช้แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นเอง โดยประยุกต์มา  
 จากแนวคิดของ Dressel (1957 อ้างถึงใน อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์, 2555 ข, หน้า 96-97) เพื่อให้  
 สอดคล้องกับเนื้อหา โครงสร้างรายวิชาที่ทำวิจัย ซึ่งแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นนี้  
 จะครอบคลุมกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน คือ

1. ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์
2. ด้านการรวบรวมข้อมูล
3. ด้านการประมวลผลข้อมูล
4. ด้านการลงข้อสรุป

โดยแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีลักษณะเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน  
 12 ข้อ โดยมีสถานการณ์กำหนดให้ 3 สถานการณ์ ซึ่งแต่ละสถานการณ์จะมีข้อคำถามครอบคลุม  
 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน

#### การสร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ทิสนา เขมมณี และคณะ (2544) ได้กล่าวถึงขั้นตอนในการสร้างแบบวัดความสามารถ  
 ทางกรคิดไว้ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการวัด

กำหนดจุดมุ่งหมายสำคัญของการสร้างแบบวัดความสามารถทางการคิด ผู้พัฒนาแบบวัด  
 จะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบวัดไปใช้ด้วยว่า ต้องการวัดความสามารถทางการคิด  
 ทั่ว ๆ ไป หรือต้องการวัดความสามารถทางการคิดเฉพาะวิชา การวัดนั้นมุ่งติดตามความก้าวหน้า  
 ของความสามารถทางการคิด หรือต้องการเน้นการประเมินผลสรุปรวมสำหรับการตัดสินใจ  
 รวมทั้งการแปลผลการวัดเน้นการเปรียบเทียบกับมาตรฐานของกลุ่ม หรือต้องการเปรียบเทียบ  
 กับเกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้

2. กำหนดกรอบของการวัดและนิยามเชิงปฏิบัติการ

ผู้พัฒนาแบบวัดควรศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถทางการคิด  
 ตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการ ผู้พัฒนาแบบวัดควรคัดเลือกแนวคิดหรือทฤษฎีที่เหมาะสมกับบริบทและ  
 จุดมุ่งหมายที่ต้องการเป็นหลัก แล้วศึกษาให้เข้าใจอย่างลึกซึ้ง เพื่อกำหนด โครงสร้าง/ องค์ประกอบ  
 ของความสามารถทางการคิดตามทฤษฎีและให้นิยามเชิงปฏิบัติการของแต่ละองค์ประกอบ

ในเชิงรูปธรรมของพฤติกรรมที่สามารถบ่งชี้ถึงลักษณะแต่ละองค์ประกอบของการคิดนั้นได้

### 3. สร้างผังข้อสอบ

เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบวัดความสามารถทางการคิดที่ต้องการสร้างให้ครอบคลุม โครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้างตามทฤษฎีและกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด

### 4. เขียนข้อสอบ

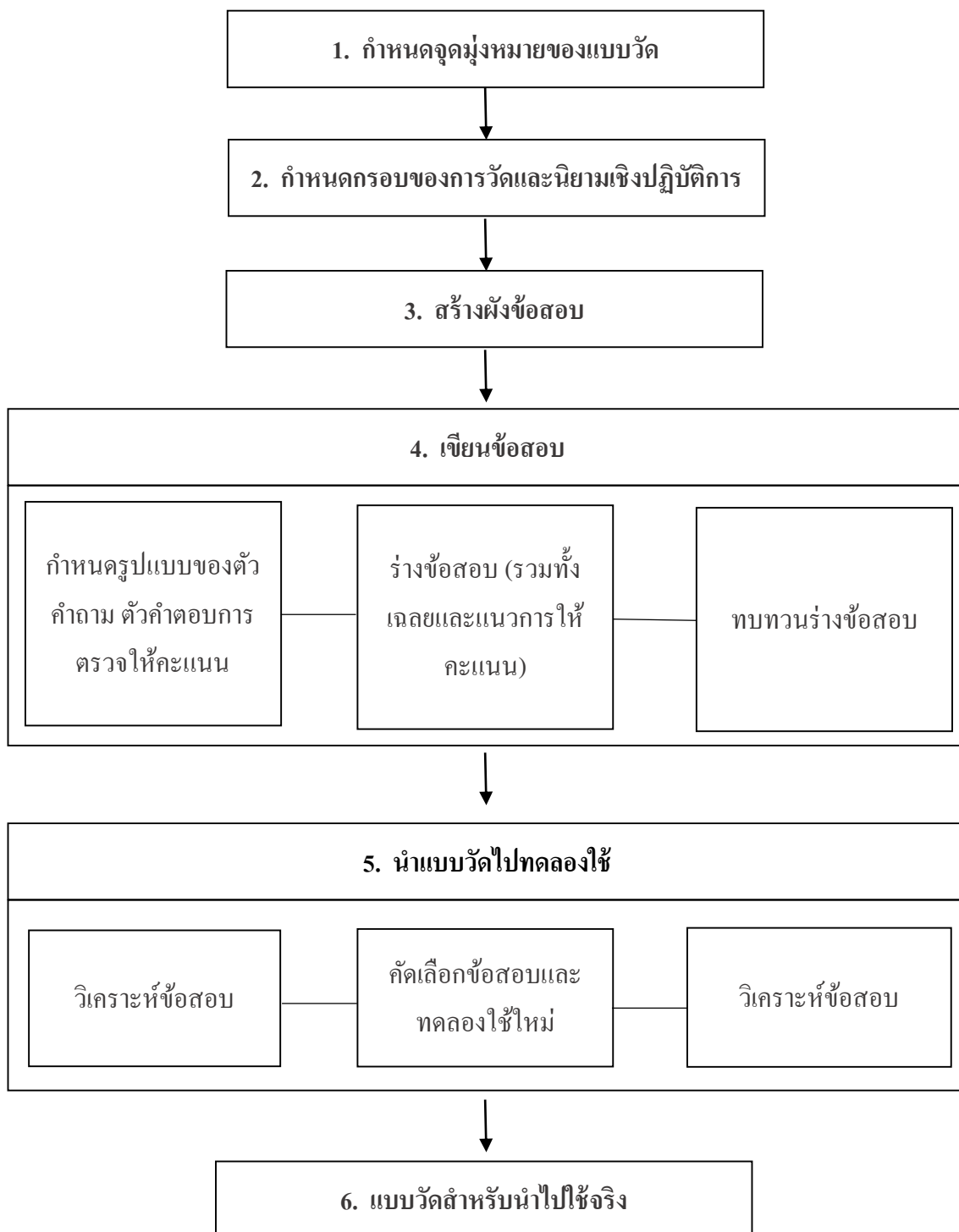
กำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบ ตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน เช่น กำหนดว่าตัวคำถามเป็นลักษณะสถานการณ์ สภาพปัญหาหรือข้อมูลสั้น ๆ อาจได้มาจากบทความ รายงานต่าง ๆ บทสนทนาที่พบในชีวิตประจำวัน หรืออาจเขียนขึ้นมาเอง ส่วนคำตอบอาจเป็นข้อสรุปของสถานการณ์ หรือปัญหานั้น 3-5 ข้อสรุป เพื่อให้ผู้ตอบพิจารณาตัดสินว่าข้อสรุปใดน่าเชื่อถือกว่ากัน น่าจะเป็นจริงหรือไม่ เป็นต้น

5. นำแบบวัดไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง หรือกลุ่มใกล้เคียง แล้วนำผลการตอบมาทำการวิเคราะห์หาคุณภาพ โดยทำการวิเคราะห์ข้อสอบและวิเคราะห์แบบสอบวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อตรวจสอบคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อในด้านความยาก (p) และอำนาจจำแนก (r) เพื่อคัดเลือกข้อสอบที่มีความยากพอเหมาะและมีอำนาจจำแนกสูงไว้ พร้อมทั้งปรับปรุงข้อที่ไม่เหมาะสม คัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพเหมาะสมหรือข้อสอบที่ปรับปรุงแล้วให้ได้จำนวนตามผังข้อสอบ เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา และนำไปทดลองใช้ใหม่อีกครั้ง เพื่อวิเคราะห์แบบสอบในด้านความเที่ยง (Reliability) และแบบสอบควรมีความเที่ยงอย่างน้อย .50 จึงเหมาะที่จะนำมาใช้ได้ ส่วนการตรวจสอบความตรง (Validity) ของแบบสอบถ้าสามารถหาเครื่องมือวัดความสามารถทางการคิดที่เป็นมาตรฐานสำหรับใช้เปรียบเทียบได้ก็ควรคำนวณสัมประสิทธิ์ตามตรงตามสภาพ (Concurrent validity) ของแบบสอบด้วย

### 6. นำแบบวัดไปใช้จริง

หลังจากวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อ และวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบทั้งฉบับว่าเป็นไปตามเกณฑ์ที่ต้องการแล้ว จึงนำแบบวัดความสามารถทางการคิดไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายจริง โดยการใช้แบบวัดทุกครั้งควรมีการรายงานค่าความเที่ยงทุกครั้งก่อนนำผลการวัดไปแปลความหมาย

ขั้นตอนการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด สามารถสรุปเป็นแผนผังได้ดังนี้



ภาพที่ 2-5 แผนผังการพัฒนาแบบวัดความสามารถทางการคิด

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยประยุกต์มาจากแนวคิดของ Dressel (1957 อ้างถึงใน อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์, 2555 ข, หน้า 96-97) ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557)
  2. กำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
  3. สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
  4. หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
  5. คัดเลือกข้อสอบ
  6. นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง
- ดังนั้น ผู้วิจัยได้นำการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ใน เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยมีลักษณะที่ไม่อิงเนื้อหา (Free content)

### การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คือการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น โดยแทรกกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน ลงในขั้นที่ 4 คือ ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสนเทศ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป



ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เพื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจ ตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสารสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

- ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์
- ด้านการรวบรวมข้อมูล
- ด้านการประมวลผลข้อมูล
- ด้านการลงข้อสรุป

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

## ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

อารีย์ วชิรวรการ (2542, หน้า 143) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียน การสอน การฝึกฝน หรือประสบการณ์ต่าง ๆ ทั้งที่โรงเรียน ที่บ้าน และสิ่งแวดล้อมอื่น ๆ แต่คนส่วนมากเข้าใจว่าผลสัมฤทธิ์เกิดขึ้นจากการเรียนการสอน ภายในโรงเรียนและมองในแง่ความรู้ความสามารถทางสมองเท่านั้น ในทางที่เป็นจริงแล้ว ความรู้สึก ค่านิยม จริยธรรม ก็เป็นผลจากการฝึกสอนและอบรม ซึ่งก็นับเป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วย

ชนินทร์ชัย อินทிரากณ์ และสุวิทย์ หิรัญยกานต์ (2548, หน้า 5) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ความสำเร็จที่ได้รับจากความสามารถ ความรู้ หรือทักษะ หรือหมายถึง ผลของการเรียนการสอนหรือผลงานที่เด็กได้จากการประกอบกิจกรรมส่วนนั้น ๆ ก็ได้ เช่น เด็กนักเรียนท่องสูตรเคมีในช่วงเวลาหนึ่ง เด็กคนนั้นสามารถจำได้เท่าใด ก็ถือว่าเรามีความสัมฤทธิ์ในสูตรเคมีสูตรนั้นมากเท่านั้น

ราชบัณฑิตยสถาน (2551, หน้า 6) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ผลการเรียนรู้ที่วัดหรือเทียบจากเกณฑ์ที่กำหนด โดยใช้แบบทดสอบหรือเครื่องมืออื่นที่เหมาะสมประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 166) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า อันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอน ในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา

จากความหมายที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ความรู้ ความสามารถของผู้เรียน ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัย สร้างขึ้น

#### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ชวาล แพรัตกุล (2509, หน้า 100) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง แบบทดสอบที่วัดความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่เด็กได้รับ จากประสบการณ์ทั้งปวง ทั้งจากทางโรงเรียนและที่บ้าน ยกเว้น การวัดทางร่างกาย ความถนัด และทางบุคคล-สังคม อันได้แก่ อารมณ์ และการปรับตัว เป็นต้น

อารีย์ วชิรวารการ (2542, หน้า 143) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง ชุดของคำถามที่วัดพฤติกรรมทางสมองของนักเรียนในด้านความรู้ ทักษะ ที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จากภายใน โรงเรียนและภายนอกโรงเรียน

ชนินทร์ชัย อินทிரากรณ์ และสุวิทย์ หิรัณยกานนท์ (2548, หน้า 5) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง แบบที่จัดไว้เพื่อทดสอบความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skills) ทศนคติ (Attitude) และความสามารถอื่นหรือแบบทดสอบที่เตรียมไว้เฉพาะแต่ละวิชา เช่น แบบทดสอบความสำเร็จในทางภาษา เป็นต้น

สมนึก ภัททิยธนี (2549, หน้า 73) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ ผ่านมาแล้ว

ราชบัณฑิตยสถาน (2551, หน้า 7) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง กระบวนการที่เป็นระบบในการวัดผลการเรียนรู้ของผู้เรียน เช่น แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางภาษาไทย แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางภาษาอังกฤษ แบบทดสอบปลายภาค ทั้งที่เป็นข้อเขียนและภาคปฏิบัติ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 166) ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า หมายถึง แบบสอบที่ใช้วัดผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนการสอน ที่ผู้สอนได้จัดขึ้นเพื่อการเรียนรู้ นั้น สิ่งที่มีวัดจึงเป็นสิ่งที่มีผู้เรียนได้เรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น

จากความหมายที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ชุดของคำถามที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งในงานวิจัยนี้คือ ชุดคำถามที่ใช้ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

### ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เขาวดี วิบูลย์ศรี (2548) ได้กล่าวถึงการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี จะต้องมีการเตรียมตัวและมีการวางแผน เพื่อให้แบบทดสอบดังกล่าวมีกลุ่มตัวอย่างของพฤติกรรมที่ต้องการวัด ได้อย่างเด่นชัดจากการทดสอบแต่ละครั้ง ซึ่งจะต้องอาศัยกรรมวิธีอย่างมีระบบในการสร้างแบบแต่ละชุด

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างกับแบบทดสอบมาตรฐาน แต่เนื่องจากครูต้องทำหน้าที่วัดผลนักเรียน คือ เขียนข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในวิชาที่ตนได้สอน ซึ่งเกี่ยวข้องโดยตรงกับแบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น ดังนั้นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเภทที่ครูสร้างมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบ ดังนี้ (สมนึก กัททิยธนี, 2549)

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or essay test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้ และข้อคิดเห็นของแต่ละคน
2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-false test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น
3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยค หรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเติมคำ หรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้ นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง
4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short answer test) เป็นข้อสอบที่คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็นประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเป็นคนเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้น และกระชับได้ใจความสมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง
5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching test) เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่ง โดยมีคำ หรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะคู่กับคำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างไรอย่างหนึ่ง ตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน คูณกัน ๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมด แต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

ชาลิต ชุกำแพง (2550) ได้กล่าวถึงประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

1. ข้อสอบอัตนัย เป็นข้อสอบที่เขียนคำถาม โดยกำหนดเป็นสถานการณ์หรือปัญหาในรูปใดรูปหนึ่ง เพื่อให้ผู้ตอบได้แสดงความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็นได้อย่างไม่จำกัด คำตอบของข้อสอบอัตนัยมีลักษณะและปริมาณ ไม่แน่นอน ซึ่งข้อสอบอัตนัยสามารถแบ่งย่อยเป็นสองแบบคือ

1.1 แบบไม่จำกัดคำตอบ หรือแบบขยายความ โดยให้ผู้ตอบแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ สามารถวัดสมรรถภาพด้านความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ทักษะคิด การประเมินค่าได้ อย่างกว้างขวาง การกำหนดเวลาให้เขียนตอบจึงต้องกำหนดให้เหมาะสม ข้อสอบแบบนี้ส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักการรวบรวมความคิดต่าง ๆ และการใช้วิธีการต่าง ๆ ในการทำข้อสอบ

1.2 แบบจำกัดคำตอบ ข้อสอบแบบนี้จะถามแบบจำเพาะเจาะจงและต้องการคำตอบเฉพาะเรื่อง ซึ่งผู้ตอบต้องจัดเรียงความคิดให้เป็นระเบียบ เพื่อให้ตรงประเด็นของคำถามเพียงสั้น ๆ ดังนั้นจึงต้องระมัดระวังเรื่องคำสั่งของโจทย์ ขอบเขตของเนื้อหา เวลาที่ให้นักเรียนเขียนตอบ

2. ข้อสอบแบบสั้น ๆ และข้อสอบเติมคำ

2.1 ข้อสอบตอบสั้น ๆ ลักษณะข้อสอบจะเขียนคำถามให้ผู้ตอบได้แสดงความสามารถในการแก้ปัญหาสั้น ๆ โดยการเขียนตอบเป็นคำ ๆ เดี่ยว หรือประโยคสั้น ๆ การตรวจให้คะแนนผู้ตรวจจะอ่านเพียงเล็กน้อย แล้วพิจารณาว่าคำตอบนั้นถูกต้องหรือใกล้เคียงกับคำตอบที่ถูกต้องเพียงใด

2.2 ข้อสอบเติมคำ ลักษณะข้อสอบจะเขียนประโยคหรือข้อความเป็นตอนนำไว้แล้วเว้นช่องว่างระหว่างข้อความหรือท้ายข้อความ สำหรับให้เติมคำหรือข้อความ เพื่อให้ข้อความนั้นถูกต้องสมบูรณ์ การเว้นช่องว่างอาจจะเว้นที่ว่างให้เติมมากกว่าหนึ่งแห่ง

3. ข้อสอบเลือกตอบหลายตัวเลือกประกอบด้วยส่วนที่เป็นคำถามและส่วนที่เป็นคำตอบ ส่วนคำถามเป็นข้อความปัญหา เขียนเป็นประโยคคำถาม ส่วนคำตอบให้เลือกเป็นตัวเลือกหลายตัวเลือก มีทั้งคำตอบถูกและคำตอบผิด เรียกว่าตัวลวง ข้อสอบเลือกตอบจึงเป็นข้อสอบชนิดที่มี

คำตอบกำหนดไว้ให้ก่อน แล้วผู้ตอบต้องเลือกตอบตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่ง หรือหลายตัวเลือก แล้วแต่เงื่อนไข คำถาม ผู้ตอบไม่มีอิสระในการตอบความคิดเห็นของตน

4. ข้อสอบแบบถูกผิด ลักษณะของข้อสอบจะเขียนข้อความที่เป็นสถานการณ์ ซึ่งมีทั้งถูกหรือผิดละกันไป รูปแบบข้อสอบถูกผิดสามารถจำแนกรูปแบบคำถามเป็นสามแบบ ดังนี้

4.1 แบบคำถามเดี่ยว แบบนี้จะเขียนข้อความที่เป็นปัญหาเป็นข้อ ๆ แล้วให้พิจารณาว่าถูกหรือผิด ใช่หรือไม่ใช่ แล้วแต่จะจัดแบบให้สอดคล้องกับเนื้อหา

4.2 แบบคำถามขยาย แบบนี้จะกำหนดเนื้อหาเป็นตอนนำแล้วเขียนข้อความที่อยู่ในขอบเขตเนื้อหานั้น เพื่อขยายรายละเอียดของข้อความตอนนำ แล้วให้พิจารณาว่าข้อความที่ขยายนั้นถูกหรือผิด

4.3 แบบคำตอบผสม แบบนี้จะกำหนดคำตอบไว้คงที่หลายอย่างผสมกัน แล้วให้พิจารณาข้อความในแต่ละข้อความว่าจะสอดคล้องกับคำตอบผสมแบบใด

5. ข้อสอบแบบจับคู่ ลักษณะข้อสอบประกอบด้วยคำถาม เขียนเป็นตัวขึ้นไว้ในสดมภ์ซ้ายมือ โดยมีที่ว่างเว้นไว้หน้าข้อเพื่อให้ผู้ตอบเลือกหาคำตอบที่เขียนไว้ในสดมภ์ขวามือ รูปแบบคำถาม ข้อสอบแบบจับคู่นี้สามารถจำแนกรูปแบบคำถามเป็น 3 แบบ ดังนี้

5.1 แบบหาความสัมพันธ์ระหว่างกัน แบบนี้จะประกอบด้วยข้อความสองชุดที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกัน โดยเขียนไว้คนละสดมภ์

5.2 แบบตัวเลือกคงที่ โดยทั่วไปแล้วข้อสอบแบบจับคู่จะกำหนดให้ตัวเลือกมากกว่าตัวคำถามเสมอ ยกเว้นการเขียนข้อสอบในบางเนื้อหาที่มีหัวข้อหลักอยู่ไม่มากนัก และต้องการทราบรายละเอียดของแต่ละหัวข้อหลักนั้น ควรเขียนข้อสอบจับคู่โดยใช้ตัวเลือกคงที่ หรือเรียกว่าแบบจัดประเภท เช่น จับเหตุการณ์ไปใส่ในยุคสมัย นำชื่อสูตรสารประกอบไปใส่ในกลุ่มของสารประกอบ

5.3 แบบจัดเรียงใหม่ แบบนี้ต้องการให้ผู้ตอบจัดเรียงลำดับข้อปัญหาใหม่ เช่น จัดเรียงลำดับเหตุการณ์ใหม่ จัดเรียงข้อพิสูจน์ กฎเกณฑ์ ความสำคัญ หรือนำหนักเสียใหม่

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยทั่วไปนิยมวัดตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม (Bloom, 1956 อ้างถึงใน อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์, 2555 ข, หน้า 55-56) ซึ่งจำแนกตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge) หมายถึง ผู้เรียนสามารถจำ และเล่ากลับถึงความรู้ที่ได้เรียนมา โดยยังไม่จำเป็นต้องไปปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงความรู้

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการประมวลข้อมูลให้ตรงประเด็น

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำความรู้ ทฤษฎี หลักเกณฑ์ แนวคิด ไปปรับเปลี่ยนในสถานการณ์ใหม่ที่เป็นรูปธรรม หรือสภาพปัญหาใหม่ที่ไม่เคยเห็น หรือรู้จักมาก่อน

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วน หรือองค์ประกอบต่าง ๆ ความสามารถในการพิจารณาหรือแยกรายละเอียดของเนื้อหา ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจหลักการที่เป็นพื้นฐานของโครงสร้างเนื้อหา

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการนำเอาความรู้ ประสบการณ์ โจทย์ปัญหา มาสร้างเป็นสิ่งที่ไม่มีเค้ารูปความคิดเดิมเหมือนต้นไม้มืดมน้ำ ชาติอาหาร และแดด มาเปลี่ยนเป็นการเจริญเติบโตในทุกส่วนของต้นไม้

6. การประเมินผล (Evaluation) เป็นความสามารถในการใช้วิจารณ์รอบด้าน มาตัดสินความคิด ผลงาน หรือกระบวนการ

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านพุทธิพิสัยตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาของบลูม 6 ด้าน คือ ความรู้-ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า เนื่องจากสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ และผลการเรียนรู้ของหลักสูตรสถานศึกษาของ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ซึ่งมีลักษณะ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

#### การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

โดยปกติการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 73)

ขั้นที่ 1 กำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยระบุเป็นข้อ ๆ และให้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหล่านั้น สอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบด้วย

ขั้นที่ 2 กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระที่จะทำการทดสอบให้ครบถ้วน

ขั้นที่ 3 เตรียมตารางเฉพาะ หรือผังของแบบทดสอบ เพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชา แต่ละส่วน และพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้เด่นชัด สั้นกะทัดรัด และมีความชัดเจน

ขั้นที่ 4 สร้างข้อกระทงทั้งหมดที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตารางเฉพาะ

เยาดี วิบูลย์ศรี (2548) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และ

ให้วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบ

2. กำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระที่จะทำการทดสอบ

3. สร้างตารางเฉพาะหรือผังของแบบทดสอบ เพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาแต่ละส่วนและพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้ชัดเจน

4. สร้างข้อสอบที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตารางเฉพาะ โดยให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และตรงตามเนื้อหาที่วัดความสามารถของผู้เรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ จุดมุ่งหมายของการสอบจะต้องมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ และจุดหมายของหลักสูตร ตามลำดับ โดยผู้สอนต้องทำการวิเคราะห์หลักสูตร เพื่อให้ผู้สอนมีความเข้าใจว่าควรสอบอะไรบ้างและควรดำเนินการสอบอย่างไรซึ่งการวิเคราะห์หลักสูตรสำหรับการกำหนดจุดมุ่งหมาย เนื้อหา วิธีการสอบ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.1 วิเคราะห์จุดมุ่งหมาย

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา

2. การออกแบบการสร้างแบบสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้างข้อสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบที่มีคุณภาพ การออกแบบการสร้างข้อสอบประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้

2.1 วางแผนการทดสอบเป็นการกำหนดว่าต้องการทำการทดสอบทั้งหมดกี่ครั้ง มีความถี่ห่างของการสอบเท่าใด และครอบคลุมเนื้อหา จุดมุ่งหมายใด และใช้เวลาเท่าใด

2.2 กำหนดรูปแบบของแบบสอบ เป็นการกำหนดแบบสอบว่าจะสอบแบบอิงกลุ่มหรืออิงเกณฑ์ สอบข้อเขียนหรือแบบปฏิบัติการ เป็นต้น

2.3 สร้างแผนผังการทดสอบ

2.4 สร้างผังข้อสอบ เป็นการเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าวัดเนื้อหาอะไร และจุดมุ่งหมายการเรียนรู้อะไร

3. เขียนข้อสอบ เป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดี ข้อสอบที่ดีควรมีลำดับขั้นตอนการเขียน ดังนี้

3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ

3.2 ร่างข้อสอบ

### 3.3 ทบทวนร่างข้อสอบ

3.4 บรรณาธิการข้อสอบ ผู้สอนทำการปรับปรุงข้อบกพร่องตามคำแนะนำที่ได้รับ จัดเกล้าข้อความและภาษาที่ใช้ให้เหมาะสมกับผู้เรียน

4. ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ ควรนำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ผู้เรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มผู้สอบที่ตั้งใจจะนำไปใช้จริง ควรมีก่อนกลุ่มตัวอย่างอย่างน้อย 50 คน เพื่อให้ผลการวิเคราะห์ค่อนข้างคงที่และน่าเชื่อถือ

#### 4.1 การวิเคราะห์ข้อสอบ

4.2 การคัดเลือกข้อสอบรวมเป็นแบบสอบข้อสอบควรมีความยากง่ายที่เหมาะสมและมีอำนาจจำแนกสูง ข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะควรมีค่า  $p$  ประมาณ .50 ค่าเฉลี่ยความยากง่ายของข้อสอบทั้งฉบับควรมีค่าประมาณ .50

4.3 การวิเคราะห์แบบสอบหลังจากคัดเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพเป็นรายข้อมารวมกันแล้ว ควรทำการวิเคราะห์ข้อสอบในด้านความเที่ยง (Reliability) และความตรง (Validity)

5. นำแบบสอบไปใช้ ต้องยึดหลักว่าผู้สอบทุกคนต้องได้รับความยุติธรรมเท่าเทียมกัน ในการแสดงความสามารถจากการเรียนรู้ตามที่แบบสอบต้องการวัด

6. วิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบ เมื่อนำข้อสอบไปใช้แล้ว ควรนำคะแนนที่ได้มาศึกษาเพื่อทราบลักษณะของคะแนนสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย การกระจาย รูปแบบของการแจกแจง และทำการวิเคราะห์คุณภาพข้อสอบทางด้านความเที่ยงและความตรง

7. ปรับปรุงแบบสอบ ซึ่งปรับปรุงตามข้อบกพร่องเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มอื่น ๆ ที่มาจากประชากรเป้าหมายเดียวกัน

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. ศึกษาหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์วิทย์ศาสตร์ภูมิภาค ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557)

2. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง เคมีอินทรีย์

3. กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบ

การทดสอบ

4. กำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

5. สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

6. หาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

7. คัดเลือกข้อสอบ

8. นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง



### คะแนนพัฒนาการ

การคำนวณคะแนนพัฒนาการ (Gain score) เป็นวิธีที่เสนอโดย ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 266-268) ซึ่งการคำนวณคะแนนพัฒนาการของผู้เรียนจะพิจารณาจากคะแนนเพิ่ม หรือ คะแนนผลต่าง (Y-X) ที่ได้จากการวัดครั้งแรก (X) และการวัดครั้งหลัง (Y) มักประสบปัญหาจาก อิทธิพลเพดาน (Ceiling effect) เนื่องจากกลุ่มผู้เรียนที่มีความสามารถสูง เช่น กลุ่มเก่ง และ กลุ่มปานกลาง โดยเฉลี่ยแล้วจะมีคะแนนการวัดครั้งแรกที่สูงกว่ากลุ่มอ่อน เมื่อมีการวัดครั้งหลัง โอกาสที่คะแนนครั้งหลังจะสูงขึ้นได้เพียงใดนั้นจะถูกกำหนดโดยเพดาน (คะแนนเต็ม) ทำให้ คะแนนเพิ่มของกลุ่มเก่ง และกลุ่มปานกลางมีแนวโน้มที่ต่ำกว่ากลุ่มอ่อน โดยมีสูตรในการคำนวณ ที่ง่ายและน่าเชื่อถือ เป็นสูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative gain score) ซึ่งสามารถแก้ปัญหา อิทธิพลเพดาน ได้ ดังนี้

$$DS\% = \frac{Y - X}{F - X} \times 100$$

เมื่อ	DS (%) แทน	คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน (Development score) (คิดเป็นร้อยละ)
	X แทน	คะแนนวัดครั้งก่อน
	Y แทน	คะแนนวัดครั้งหลัง
	F แทน	คะแนนเต็ม

โดยมีเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

ช่วงคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (%)	ระดับพัฒนาการ
76.00-100.00	พัฒนาการระดับสูงมาก
51.00-75.00	พัฒนาการระดับสูง
26.00-50.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
0.00-25.00	พัฒนาการระดับต่ำ

## การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยในชั้นเรียน เป็นกระบวนการค้นหาความรู้หรือความจริงในบริบทของชั้นเรียน เป็นสิ่งที่มีความสำคัญต่อครู และมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องมีความรู้ ความเข้าใจ และสามารถปฏิบัติการวิจัยได้ อันจะส่งผลต่อการพัฒนานักเรียนในทุก ๆ ด้านต่อไป

นพเก้า ฅ พัทลุง (2551, หน้า 4) ให้ความหมายของการวิจัยในชั้นเรียน (Classroom research) หรือการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research) หรือการวิจัยของครู (Teacher research) ว่าหมายถึง วิจัยเชิงปฏิบัติการที่กระทำในบริบทของชั้นเรียน ซึ่งเป็นกระบวนการศึกษาเพื่อเน้นการพัฒนาการเรียนการสอนของครูในชั้นเรียนของตน การวิจัยดังกล่าวให้โอกาสแก่ครูสำรวจและทดสอบความคิดใหม่ ๆ วิธีการใหม่ ๆ หรือวัสดุอุปกรณ์ใหม่ ๆ ในการจัดการเรียนรู้ ผลจากการวิจัยดังกล่าวจะเป็นประโยชน์ต่อการวางแผนหลักสูตรการสอนต่อไป

สุวิมล ว่องวานิช (2554, หน้า 21) ให้ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียนว่า หมายถึง การวิจัยที่ทำโดยครูผู้สอนในชั้นเรียน เพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และนำผลมาใช้ในการปรับปรุงการเรียนการสอนหรือส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนให้ดียิ่งขึ้น ทั้งนี้เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดกับนักเรียน เป็นการวิจัยที่ต้องทำอย่างรวดเร็ว นำผลไปใช้ทันที และสะท้อนข้อมูลเกี่ยวกับการปฏิบัติงานต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันของตนเองให้ทั้งตนเองและกลุ่มเพื่อนร่วมงานในโรงเรียน ได้มีโอกาสวิพากษ์ อภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแนวทางที่ได้ปฏิบัติและผลที่เกิดขึ้น เพื่อพัฒนาการเรียนรู้ทั้งของครูและนักเรียน

วีระยุทธ ชาตะกาญจน์ (2557) ได้สรุปความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ว่า เป็นการศึกษา รวบรวมหรือการแสวงหาข้อเท็จจริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุปอันจะนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เผชิญอยู่ทั้งในด้านประสิทธิภาพและประสิทธิผลของงานในขอบข่ายที่รับผิดชอบ โดยผู้วิจัยสามารถดำเนินการได้หลาย ๆ ครั้ง จนกระทั่งผลการปฏิบัติงานนั้นบรรลุวัตถุประสงค์หรือแก้ไขปัญหาที่ประสบอยู่ได้จนสำเร็จ โดยกำหนดขั้นตอนของการวิจัย ประกอบด้วย การวางแผน (Plan) การปฏิบัติ (Action) การสังเกต (Observation) และการสะท้อนกลับ (Reflection)

Cross and Steadman (1996 อ้างถึงใน นพเก้า ฅ พัทลุง, 2548, หน้า 2) กล่าวว่า การวิจัยในชั้นเรียนเป็นการวิจัยซึ่งครูแสวงหาความรู้เกี่ยวกับการเรียนการสอนในชั้นเรียนของตนเอง และการวิจัยในชั้นเรียนนั้นจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด หากกิจกรรมในงานวิจัยนั้นเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมความร่วมมือในการเรียนรู้ระหว่างครูและนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของการเรียนการสอน

Mettetal (2005 อ้างถึงใน นพเก้า ณ พัทลุง, 2548, หน้า 2) กล่าวถึงการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนว่าเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้อย่างเป็นระบบตามเป้าหมายของการปฏิบัติในสถานการณ์นั้น ๆ เป็นวิถีทางที่ทำให้ครูค้นพบว่าสิ่งที่ดีที่สุดที่เกี่ยวข้องกับงานการสอนในชั้นเรียนคืออะไร เพื่อเป็นข้อมูลในการสอนต่อไป

ราชบัณฑิตยสถาน (2551, หน้า 66) ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่า หมายถึง การวิจัยที่มีหลักการและวิธีการที่มุ่งเน้นการพัฒนาการเรียนการสอน ทำให้ครูมีบทบาทเป็นทั้งครูและนักวิจัย ศึกษาวิธีแก้ปัญหา หรือพัฒนาการเรียนการสอนที่ตนรับผิดชอบให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เป็นการวิจัยที่นำไปพร้อมกับการเรียนการสอน

จากความหมายที่กล่าวมาสามารถสรุปได้ว่าการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน หมายถึง กระบวนการศึกษาหรือแสวงหาข้อเท็จจริง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อสรุปอันนำไปสู่การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน และเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

#### ขั้นตอนการวิจัยในชั้นเรียน

การวิจัยเป็นกระบวนการค้นหาความรู้และแนวทางปฏิบัติที่นำไปสู่การปฏิรูปการเรียนรู้ที่เชื่อถือได้ สามารถนำผลการค้นพบมาแก้ปัญหาการเรียนรู้หรือตัดสินใจเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการวิจัยเป็นกระบวนการเชิงระบบ ที่ใช้ศึกษาค้นคว้าหาความรู้ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยเกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนดังนี้

กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะกาญจน์, 2557) ประกอบด้วย กิจกรรมการวิจัยที่สำคัญ 4 ขั้นตอนหลักคือ

#### 1. การวางแผนเพื่อไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น (Planning)

เป็นการกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ก่อนล่วงหน้า โดยอาศัยการคาดคะเนแนวโน้มของผลลัพธ์ที่อาจเกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผนที่วางไว้ ประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์หรือเรื่องราวในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขตามประสบการณ์ทั้งทางตรงและทางอ้อมของผู้วางแผน ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนขัดขวางความสำเร็จในการแก้ไขปัญหาการต่อต้าน รวมทั้งสภาวะการณ์เงื่อนไขอื่น ๆ ที่แวดล้อมปัญหาอยู่ในเวลานั้น โดยทั่วไปการวางแผนจะต้องคำนึงถึงความยืดหยุ่น ทั้งนี้เพื่อจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

## 2. ลงมือปฏิบัติการตามแผน (Action)

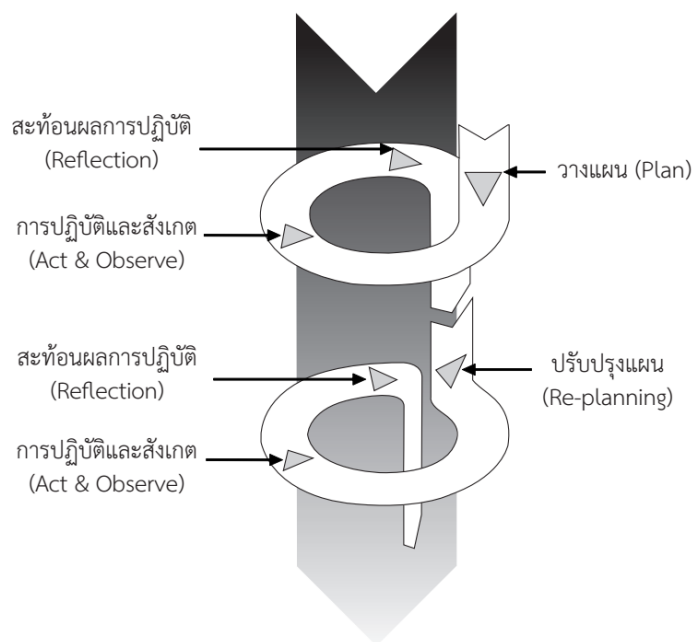
เป็นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามระบุไว้ในแผน อย่างไรก็ตามในความเป็นจริงการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์เวลานั้นได้ ด้วยเหตุนี้แผนปฏิบัติการที่จำเป็นต้องมีลักษณะเป็นเพียงแผนชั่วคราว ซึ่งเปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการที่จำเป็นต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่องเป็นพลวัตภายใต้การใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจ

## 3. สังเกตการณ์ (Observation)

เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไปรวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพหรือลักษณะเป็นอย่างไร การสังเกตการณ์ที่จำเป็นต้องมีการวางแผนไว้ก่อนล่วงหน้าอย่างคร่าว ๆ โดยจะต้องมีขอบเขตไม่แคบหรือจำกัดจนเกินไป เพื่อจะได้เป็นแนวทางสำหรับการสะท้อนกลับกระบวนการและผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

## 4. สะท้อนกลับ (Reflection)

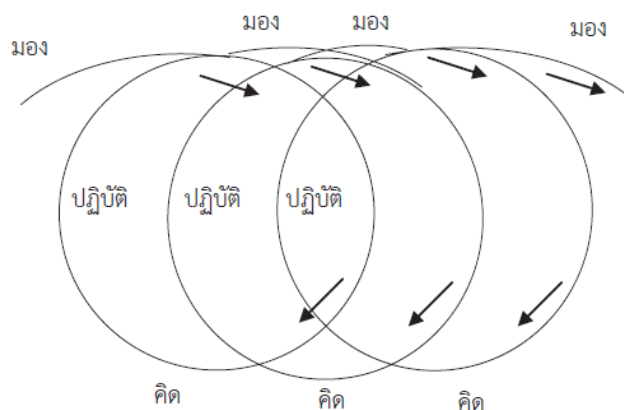
เป็นการให้ข้อมูลถึงการกระทำตามที่บันทึกข้อมูลไว้จากการสังเกตในเชิงวิพากษ์ กระบวนการและผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ ตลอดจนการวิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ การสะท้อนกลับโดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะวิพากษ์วิจารณ์หรือประเมินผลการปฏิบัติงานระหว่างบุคคลที่มีส่วนร่วมในการวิจัยจะเป็นวิธีการปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงานตามแนวทางดั้งเดิมไปเป็นการปฏิบัติงานตามวิธีการใหม่ ซึ่งใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวนและปรับปรุงวางแผนปฏิบัติการในวงจรกระบวนการวิจัยในรอบหรือเก็ลียวต่อไป กระบวนการและผลของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และปรับปรุงแผนการปฏิบัติงาน (Re-planning) โดยดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ แสดงรายละเอียดตามภาพที่ 2-6



ภาพที่ 2-6 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (1988 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะกาญจน์, 2558)

กระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer

Stringer (1999 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะกาญจน์, 2557) ได้แบ่งกระบวนการดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ 1) การพินิจวิเคราะห์ (มอง) 2) การคิดวิเคราะห์ (คิด) และ 3) การปฏิบัติการ (ปฏิบัติ) ซึ่งเป็นไปตามภาพที่ 2-7

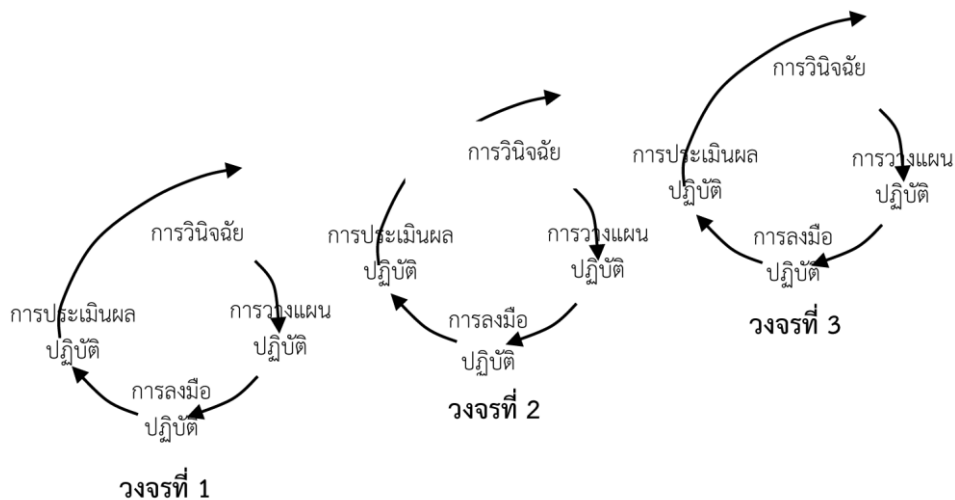


ภาพที่ 2-7 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Stringer (1999 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะกาญจน์, 2558)

กิจกรรมหลักทั้ง 3 ขั้นตอนนี้ เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรซ้ำกันหลายรอบ (Recycling set of activities) การดำเนินกิจกรรมการวิจัยในขั้นตอนแรกมีจุดมุ่งหมายสำคัญเพื่อช่วยให้บุคคลทุกฝ่ายที่มีส่วนร่วมในกระบวนการวิจัยได้เข้าใจสภาพปัญหา ปัจจัยสนับสนุนและปัจจัยอุปสรรค การปรับปรุงแก้ไขปัญหาและบริบทอื่น ๆ ที่แวดล้อมปัญหาที่ต้องการแก้ไขอย่างถ่องแท้ และชัดเจน เพื่อที่จะได้คิดหาหนทางที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดมุ่งหมายดังกล่าวนี้ นักวิจัยที่เป็นบุคคลภายนอกจะเป็นผู้คอยให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย บุคคลภายในองค์กร หรือชุมชนทำหน้าที่นิยามปัญหาที่เกิดขึ้น ตลอดจนพรรณนารายละเอียดเกี่ยวกับบริบทแวดล้อม องค์กรหรือชุมชนและสถานการณ์เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับปัญหา นอกจากนี้ยังร่วมมือกันเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาและบริบทแวดล้อม โดยใช้วิธีการสังเกตการณ์ สัมภาษณ์ หรือการศึกษาเอกสาร ส่วนการดำเนินกิจกรรมในขั้นตอนที่ 2 ได้แก่ การตีความและวิเคราะห์ข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้จากขั้นตอนแรก โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความชัดเจนและขยายความเข้าใจเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขมากยิ่งขึ้น รวมทั้งการกำหนดรายละเอียดเกี่ยวกับลำดับขั้นตอนการปฏิบัติงานในขั้นตอนที่ 3 ซึ่งมีจุดมุ่งหมายเพื่อลงมือปฏิบัติการแก้ไขปัญหาให้สำเร็จลุล่วงไปตามที่ได้คิดวิเคราะห์ไว้ โดยมีการประเมินผลการปฏิบัติงานเป็นกลยุทธ์สำคัญเพื่อการระบุนความสำเร็จของการแก้ปัญหาว່ว่าอยู่ในระดับใด มีประเด็นใดบ้างที่จะต้องทำการแก้ไขในวงจรรอบต่อไป

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Coghlan and Brannick

ตามแนวคิดของ Coghlan and Brannick (2001 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะกาญจน์, 2557) ได้แบ่งกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นขั้นตอนเบื้องต้น 1 ขั้นตอน คือ การทำความเข้าใจบริบทของปัญหาที่ต้องการแก้ไขและการกำหนดจุดมุ่งหมายการปฏิบัติการ และมีขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การวินิจฉัย (Diagnosing) 2) การวางแผนปฏิบัติการ (Planning) 3) การลงมือปฏิบัติการ (Taking action) และ 4) การประเมินผลการปฏิบัติการ (Evaluation action) ซึ่งกระบวนการวิจัยเป็นไปตามภาพที่ 2-8



ภาพที่ 2-8 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ Coghlan and Brannick (2001 อ้างถึงใน วีระยุทธ ชาตะกาญจน์, 2558)

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก เริ่มต้นจากการวินิจฉัย สภาพการณ์ของปัญหาที่จำเป็นต้องแก้ไข รวมทั้งการระบุนกรอบแนวคิด ทฤษฎี และหลักการ พื้นฐานสำหรับใช้รองรับการปฏิบัติงาน จากนั้นจึงทำการวางแผนปฏิบัติการตามจุดมุ่งหมายของการแก้ปัญหาหรือโครงการพัฒนาที่กำหนดไว้ โดยอาศัยข้อมูลจากผลการวินิจฉัยในขั้นตอนแรก และความร่วมมือร่วมใจของบุคลากรฝ่ายต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประเมิน แล้วจึงลงมือปฏิบัติการตามแผนการที่วางไว้ทีละขั้นตอน เสร็จแล้วจึงทำการประเมินผลการปฏิบัติงานทั้งที่เกิดขึ้น โดยตั้งใจและไม่ตั้งใจ เพื่อตรวจสอบดูความถูกต้อง และความเหมาะสมของการวินิจฉัย และการปฏิบัติการตามแผน สารสนเทศที่ได้จากการประเมินผลในขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การดำเนินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในวงจรรอบต่อไป

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดของ อดอง นัยพัฒน์ (2548, หน้า 346) ได้สรุปกระบวนการของกิจกรรมการวิจัยเชิงปฏิบัติการว่าเป็นขั้นตอนย่อย ๆ ทั่วไป 10 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ระบุนวความคิดและนิยามปัญหาอย่างชัดเจน
2. รวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องเพื่ออธิบายข้อเท็จจริงของสภาพการณ์ที่เป็นปัญหา ซึ่งต้องได้รับการแก้ไขปรับปรุงหรือพัฒนา
3. วางแผนเพื่อกำหนดยุทธวิธีปฏิบัติการแก้ไขปัญหา
4. นำยุทธวิธีปฏิบัติที่วางไว้ไปลงมือปฏิบัติจริง

5. สังเกตการณ์ ติดตามตรวจสอบ และประเมินผลการปฏิบัติงานตามยุทธวิธีปฏิบัติที่ได้ลงมือกระทำไปแล้ว

6. สะท้อนกลับผลของการนำยุทธวิธีปฏิบัติที่ได้ลงมือปฏิบัติแล้ว โดยอาศัยการคิดในเชิงวิพากษ์ด้วยทัศนะอันหลากหลายจากนักวิจัยเชิงปฏิบัติการและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยบนพื้นฐานของข้อมูลหลักฐานร่องรอยต่าง ๆ ที่ได้รับจากขั้นตอนที่ 5

7. ทบทวนและปรับปรุงแผนยุทธวิธีปฏิบัติการแก้ไขปัญหา

8. นำแผนยุทธวิธีปฏิบัติที่ปรับแล้วไปลงมือปฏิบัติจริง

9. สะท้อนกลับผลของการนำยุทธวิธีปฏิบัติที่ปรับและลงมือปฏิบัติแล้ว

10. ดำเนินการเช่นนี้ต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งนักวิจัยเชิงปฏิบัติการและผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีความเห็นร่วมกันอย่างสอดคล้องว่า สถานการณ์ที่เป็นปัญหานั้นได้รับการปรับปรุงแก้ไขจนอยู่ในระดับที่พอใจ ภายใต้อำนาจทางด้านเวลาและทรัพยากรของการวิจัย

Susman (1983 อ้างถึงใน วรรณดี สุทธินรากร, 2556, หน้า 72) ได้อธิบายกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้ 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นการวินิจฉัยปัญหา (Diagnosing) เป็นขั้นตอนของการระบุปัญหาหรืออธิบายปัญหา

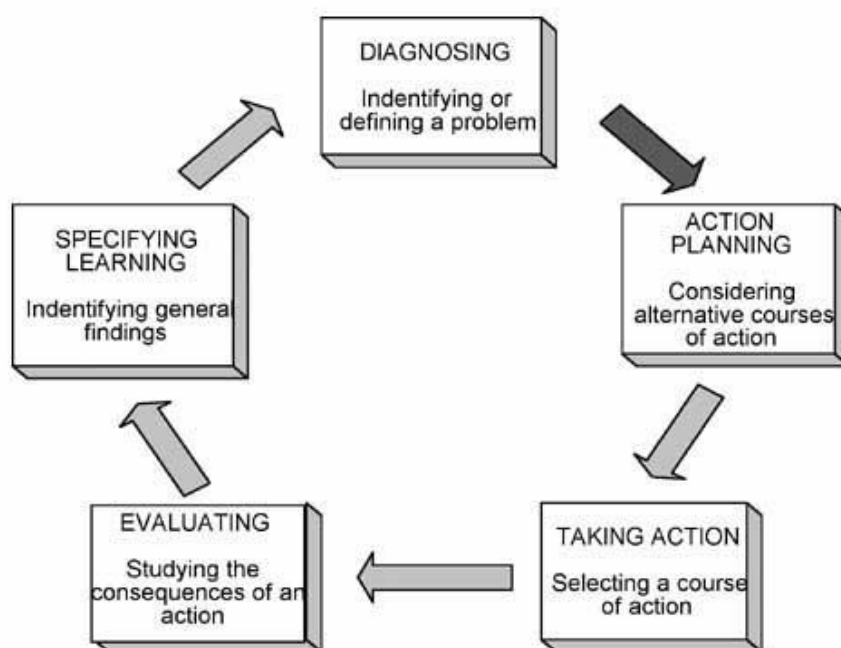
2. ขั้นทำแผนปฏิบัติการ (Action plan) ผู้วิจัยและสมาชิกกลุ่มร่วมกันพิจารณาปัญหาและหาทางเลือกเพื่อนำไปสู่การปฏิบัติ

3. ขั้นลงมือปฏิบัติ (Taking action) ตามแผน

4. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) ขั้นตอนนี้ผู้ปฏิบัติการทั้งหมดร่วมกันศึกษาผลที่ได้จากการปฏิบัติตามแผน

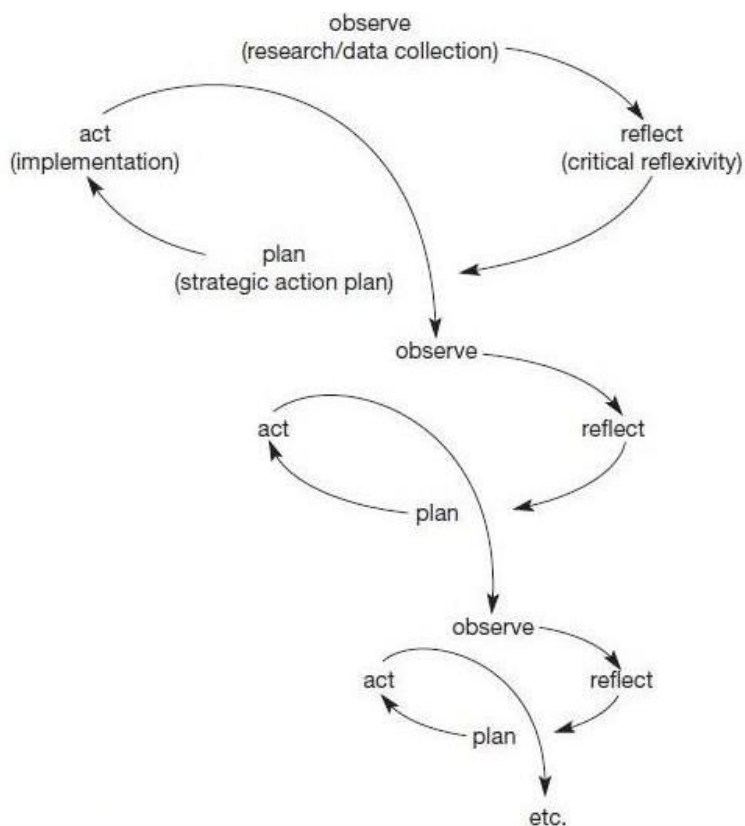
5. ขั้นระบุการเรียนรู้ (Specifying learning) ภายหลังจากผู้ปฏิบัติงานผ่านการขับเคลื่อนการเปลี่ยนแปลงตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1-4 นักปฏิบัติทั้งหลายต้องร่วมมือกันในการระบุข้อค้นพบที่ได้จากการเรียนรู้ในการสร้างการเปลี่ยนแปลง ผลการเรียนรู้จะนำไปสู่ขั้นตอนที่ 1 ในวงจรที่ 2...3...ต่อไป ซึ่งกระบวนการวิจัยเป็นไปตามภาพที่ 2-9





ภาพที่ 2-9 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ Susman (1983 อ้างถึงใน วรรณดี สุทธินรากร, 2556)

O'Leary (2004 อ้างถึงใน วรรณดี สุทธินรากร, 2556, หน้า 74) เห็นว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นเสมือนการสร้างการเรียนรู้จากประสบการณ์เพื่อนำสู่การเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป้าหมายของความสำเร็จจะขัดเกลาวิธีการของการปฏิบัติ การเก็บข้อมูล รวมทั้งการตีความข้อมูลจะเป็นแสงสว่างที่นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องราวในแต่ละขั้นตอนของการวิจัย กระบวนการเริ่มต้นด้วยขั้นตอนของการสังเกต ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ใช้วิธีการวิจัยในการเก็บข้อมูลผลการศึกษา ที่ได้นำไปสู่การสะท้อนผลเพื่อให้เกิดการตระหนักและความเข้าใจที่ลึกซึ้งในปัญหา จากนั้นสมาชิกช่วยกันทำแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อนำสู่การกำหนดเป้าหมายไปสู่การเปลี่ยนแปลงที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล การกำหนดเป้าหมายที่ชัดเจนจะนำไปสู่การค้นหาวิธีการและเครื่องมือในการปฏิบัติ แล้วจึงลงมือปฏิบัติตามแผน สมาชิกกลุ่มสามารถนำผลจากการปฏิบัติที่ได้สู่การสำรวจปัญหาอีกครั้งในขั้นตอนของการสังเกตในรอบที่ 2 ผลจากการสำรวจจะนำไปสู่การสะท้อนผลสู่สมาชิกกลุ่มอีกครั้ง และนำไปสู่การจัดทำแผน รวมทั้งปฏิบัติการตามแผนต่อไป โดยสามารถวนไปสู่วงจรในรอบที่ 3...4 ต่อไป ดังภาพที่ 2-10



ภาพที่ 2-10 กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของ O'Lery (2004 อ้างถึงใน วรรณดี สุทธิรัตนกร, 2556)

จากกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ได้กล่าวมา สามารถสรุปได้ว่า ขั้นตอนการวิจัยในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผน (Plan) เป็นขั้นวิเคราะห์ปัญหา และกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนการสอนไว้ล่วงหน้า โดยผู้วิจัยได้นำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาใช้ในการจัดการเรียนการสอน

ขั้นที่ 2 การปฏิบัติตามแผน (Action) เป็นขั้นที่ลงมือปฏิบัติการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือแผนที่กำหนดไว้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 แผน คือ แผนที่ 1 และ 2 นำไปใช้ในวงจรที่ 1 แผนที่ 3 และ 4 นำไปใช้ในวงจรที่ 2 แผนที่ 5 และ 6 นำไปใช้ในวงจรที่ 3

ขั้นที่ 3 การสังเกตผล (Observe) เป็นขั้นสังเกตผลที่เกิดขึ้นรวมทั้งปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นภายหลังการปฏิบัติการเรียนการสอน และเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้แบบทดสอบ บันทึกหลังการสอนของครู และแบบสังเกตพฤติกรรม

ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflect) เป็นขั้นที่นำข้อมูลจากขั้นการสังเกตผลมาสรุปและวิเคราะห์ในประเด็นต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผน และปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในวงจรต่อไป

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1. งานวิจัยในประเทศ

วารุณี จังตระกุล (2550) ได้ศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรม ที่เป็นผลการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2549 โรงเรียนมหาไถ่ศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น ผลการวิจัยพบว่า เมื่อเปรียบเทียบคะแนนการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้แล้วนั้นผู้เรียนมีผลการคิดวิเคราะห์ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนร้อยละ 96.15 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องพันธุกรรมผ่านเกณฑ์ที่โรงเรียนตั้งไว้คือ ร้อยละ 70 จะเห็นว่า การจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณสอดแทรก ในเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ในหลักสูตรนั้นนอกจากจะสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณแล้วยังช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนด้วย

ทัศนวรรณ ประจันตะเสน (2551) ได้ศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และเปรียบเทียบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนบ้านซับตะเคียน อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ปีการศึกษา 2550 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนผ่านเกณฑ์เป้าหมายของโรงเรียน คือ ร้อยละ 70 และพบว่า การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุพลา ทองแป้น (2552) ได้เปรียบเทียบความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามและเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามประชากรที่ใช้วิจัยในครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทศบาลบ้านคูหาสวรรค์ อำเภอเมือง จังหวัดพัทลุง จำนวน 17 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 771 คน ได้กลุ่มตัวอย่างโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/17 โรงเรียนเทศบาลบ้านคูหาสวรรค์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน

นักเรียน 44 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนโดยใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม มีความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุธิ ผลดี และศักดิ์ศรี สุภษาธร (2554) ได้ศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องกรด-เบสของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยชุดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 และ 5/2 จำนวน 75 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจงประชากรนักเรียนสายวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 116 คนในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนศรีบุญยานนท์ จังหวัดนนทบุรี เมื่อวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ด้วยการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งกลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งสามกลุ่มและจากการทดสอบด้วยสถิติ ANNOVA พบว่านักเรียนกลุ่มเก่งและกลุ่มปานกลางมีคะแนนความก้าวหน้าทางผลสัมฤทธิ์สูงกว่ากลุ่มอ่อนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่นักเรียนกลุ่มเก่งมีคะแนนความก้าวหน้าทางผลสัมฤทธิ์ไม่แตกต่างจากกลุ่มปานกลาง

รุ่งทิพย์ สติธร (2554) ได้ศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือร่วมกับการใช้ชุดการเรียนรู้แบบ 5E ซึ่งกลุ่มตัวอย่างสำหรับการวิจัยนี้ได้จากการเลือกแบบเจาะจงเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ห้อง 1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2554 โรงเรียนมัธยมโพนคือ จำนวน 29 คน จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียน (ค่าเฉลี่ย = 21.85 และ SD = 4.94) สูงกว่าก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ย = 9.72 และ SD = 5.22) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วารภรณ์ ศรีวิโรจน์ (2557) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเรื่อง ปริมาณสัมพันธ์แบบเน้นการบูรณาการการฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ โรงเรียนวิทยานุกูลนารีภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 29 คน และรูปแบบการเรียนการสอนที่ใช้คือ QASA Model ซึ่งประกอบด้วย กระบวนการเรียนรู้ 4 ขั้น คือ ขั้นตั้งคำถาม (Question: Q) ขั้นหาคำตอบ (Answer: A) ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Share: S) และขั้นประเมินตามสภาพจริง (Assessment: A) ซึ่งผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการเรียนการสอนนี้ส่งผลให้นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ณัฐกาญจน์ เตจ๊ะเทพ (2558) ได้ศึกษา มุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์การคิดอย่างมี  
 วิจรรณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับ  
 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบจัดแจ้งและการสะท้อนคิด  
 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนนวมินทราชินูทิศหอวัง  
 นนทบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster  
 random sampling) รวมนักเรียนทั้งหมด 90 คน จากนั้นผู้วิจัยทำการเลือกแบบเจาะจง (Purposive  
 sampling) ห้องเรียน 1 ห้องจำนวนนักเรียน 45 คน เป็นกลุ่มทดลอง โดยนักเรียนได้รับการจัด  
 การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบจัดแจ้งและการสะท้อนคิด และอีก 1 ห้อง  
 จำนวนนักเรียน 45 คน เป็นกลุ่มควบคุม โดยนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัย  
 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้  
 แบบจัดแจ้งและการสะท้อนคิดมีมุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจรรณญาณ และ  
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เมื่อเทียบกับกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้  
 แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ .01

## 2. งานวิจัยต่างประเทศ

McDonald (2004) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนการสอนที่ครูเป็นศูนย์กลางในการให้  
 ความรู้กับการสอนสืบเสาะตามทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้เชิงสังคมที่มีต่อการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์  
 ของนักเรียนระดับชั้นเกรด 6 ในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งการทดลองใช้การทดสอบซ้ำ จำนวน  
 3 ครั้ง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์  
 ไม่แตกต่างกัน จากการตอบข้อสอบที่วัดความสามารถในการคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ขั้นสูงนักเรียน  
 ในกลุ่มทดลองมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มีความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์และมีความสามารถ  
 ในการคิดแบบอภิปัญญา (Meta-cognitive thinking) เพิ่มมากขึ้น

Qing, Jing, and Yan (2010) ได้ศึกษา ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ใน  
 วิชาปฏิบัติการเคมีที่มีผลต่อทักษะการคิดอย่างมีวิจรรณญาณ ซึ่งกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนครู  
 ในสาขาวิชาเคมี ซึ่งมีอายุ 19-22 ปี ที่สมัครใจเข้าร่วมในการวิจัย จำนวน 42 คน ที่มหาวิทยาลัยครู  
 แห่งมณฑลซานซี (Shaanxi Normal University) ซึ่งตั้งอยู่ที่สค์ตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน  
 โดยในการวิจัยได้แบ่งนักศึกษาออกเป็นจำนวน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองจำนวน 20 คน และกลุ่ม  
 ควบคุมจำนวน 22 คน ซึ่งกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ส่วนกลุ่ม  
 ควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษากลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้  
 แบบสืบเสาะหาความรู้มีทักษะการคิดอย่างมีวิจรรณญาณสูงกว่ากลุ่มนักศึกษาที่ได้รับการจัด  
 การเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นหรือเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณรวมทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ และยังช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการคิดอีกด้วย

### 3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

แมนชัย สมนึก (2551) ใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง โมล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2551 โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล จำนวน 43 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง โมล ของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ คิดเป็นร้อยละ 77.27 จากเกณฑ์ร้อยละ 70

พวงเพชร เกตุวิระพงษ์ (2552) ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนในรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในการพัฒนาพฤติกรรมการสอนของครูและพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้วิชาเคมีพื้นฐานของนักเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนเชิงม่วนพิทยาคม จังหวัดพะเยา จำนวน 42 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาพฤติกรรมการเรียนที่ดีขึ้นในด้านทักษะการสืบค้นข้อมูล ทักษะกระบวนการ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ และยังพบว่า ผลการเรียนรู้และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนส่วนใหญ่อยู่ในระดับคุณภาพที่ดีขึ้น

อภิรดี สุขมิลินท์ (2554) ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเพื่อพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในรายวิชาเคมีสภาวะแวดล้อม เรื่อง ออกซิเจน กลุ่มเป้าหมาย คือ นักศึกษาสาขาวิชาเคมี ชั้นปีที่ 3 มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนร้อยละ 100.00 ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 ผลการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณร้อยละ 100.00 ผ่านตามเกณฑ์ที่กำหนดร้อยละ 70 ผลการวิจัยเชิงคุณภาพพบว่า ผลการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนมีพัฒนาการทางด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

มนัสนันท์ ศรีสาพันธ์ (2555) ใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5E ในการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/1 โรงเรียนกีฬา จังหวัดอุบลราชธานี ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2554 จำนวน 30 คน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ฐิติมา กาลวิบูลย์ (2555) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้การวิจัยเชิงปฏิบัติการรูปแบบ วงจรลำดับเวลาของเจมส์ แมคเคอร์แนน เพื่อศึกษาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ก่อนและหลังปฏิบัติการ โรงเรียนบ้านสะแบง อำเภอนองหาน จังหวัด อุครธานี จำนวน 38 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสนใจในกิจกรรม มีความกระตือรือร้น มีการช่วยเหลือซึ่งกันและกัน และนักเรียนส่วนใหญ่มีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน พบว่า การวิจัย เชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของ นักเรียนได้ นอกจากนี้ยังทำให้ครูทราบถึงปัญหาของนักเรียน สามารถวางแผน พัฒนา แก้ไขปัญหา ได้อย่างมีระบบ และทำให้ครูได้เห็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนของตนเองอีกด้วย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยในลักษณะของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน

#### รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) เพื่อศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งขั้นตอนการวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

##### ขั้นที่ 1 การวางแผน (Plan)

เป็นขั้นกำหนดแนวทางปฏิบัติการไว้ล่วงหน้า เพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยนำการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ มาใช้ในการจัดการเรียนรู้



### ขั้นที่ 2 การปฏิบัติตามแผน (Action)

เป็นขั้นลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้ โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 6 แผน คือ แผนที่ 1 และ 2 นำไปใช้ในวงจรที่ 1, แผนที่ 3 และ 4 นำไปใช้ในวงจรที่ 2 และแผนที่ 5 และ 6 นำไปใช้ในวงจรที่ 3

### ขั้นที่ 3 การสังเกตผล (Observe)

เป็นขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย โดยขั้นนี้ผู้วิจัยจะเก็บข้อมูลผู้เรียนทั้งเป็นรายบุคคลและรายกลุ่ม ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย บันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร ซึ่งอยู่ที่ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้

### ขั้นที่ 4 การสะท้อนผล (Reflect)

เป็นขั้นที่นำข้อมูลจากขั้นการสังเกตผลมาสรุปและวิเคราะห์ในประเด็นต่าง ๆ ไว้ โดยจะมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเชิงคุณภาพ แล้วนำข้อมูลเหล่านั้นมาสรุป เพื่อหาแนวทางแก้ไข และพัฒนาการจัดการเรียนการสอนในวงจรต่อไป

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

## การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้
  - 1.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่มุ่งเน้นพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
  - 1.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษา สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา และผลการเรียนรู้ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

1.3 วิเคราะห์เนื้อหา เพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยให้สอดคล้องกับหลักสูตรสถานศึกษา ซึ่งประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ 6 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 22 คาบ ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แอลเคน, แอลคีน, แอลไคน์	4
	2. บอกความหมายและอธิบายปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาและกลไกของปฏิกิริยานั้น ๆ ได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เบนซีนและ	4
	3. ยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่พบในธรรมชาติพร้อมทั้งบอกประโยชน์และโทษของสารอินทรีย์เหล่านั้นได้	อนุพันธ์ของเบนซีน	
2. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	4. บอกความหมายและอธิบายปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาและกลไกของปฏิกิริยานั้น ๆ ได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แอลกอฮอล์, ฟีนอล, อีเทอร์	4
	5. ยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่พบในธรรมชาติพร้อมทั้งบอกประโยชน์และโทษของสารอินทรีย์เหล่านั้นได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แอลดีไฮด์และคีโตน	3

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
		แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์	4
3. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ		แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เอมีนและเอไมด์	3
	รวม		22

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาจำนวน 6 แผน ซึ่งแต่ละแผนมีขั้นตอน ดังนี้

1.4.1 ขั้นสร้างความสนใจ

1.4.2 ขั้นสำรวจและค้นหา

1.4.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

1.4.4 ขั้นขยายความรู้

1.4.4.1 ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์

1.4.4.2 ด้านการรวบรวมข้อมูล

1.4.4.3 ด้านการประมวลผลข้อมูล

1.4.4.4 ด้านการลงข้อสรุป

1.4.5 ขั้นประเมิน

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของแต่ละองค์ประกอบ แล้วนำไปปรับปรุง

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบและพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมาย โดยนำคะแนนผลการประเมินมาหาค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ถ้าค่าเฉลี่ยมีค่าตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในเบื้องต้น (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117)

1.7 ปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับแก้ในประเด็นดังต่อไปนี้

- เพิ่มคุณลักษณะอันพึงประสงค์จากแผนละ 2 ข้อ เป็นแผนละ 4 ข้อ โดยยึดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 10 ประการของโรงเรียนเป็นหลัก
- เรียงลำดับหัวข้อในแผนการจัดการเรียนรู้ใหม่ โดยนำสาระสำคัญขึ้นก่อน สาระการเรียนรู้
- ปรับแก้สาระการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนและกระชับมากขึ้น
- เพิ่มแนวคำตอบในประเด็นที่ตั้งคำถามในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้
- ปรับแก้คำผิด การใช้ภาษา รวมทั้งศัพท์เทคนิคให้ถูกต้อง
- ปรับกิจกรรมในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นให้มีความชัดเจนและน่าสนใจมากขึ้น

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของแต่ละองค์ประกอบและข้อบกพร่องต่าง ๆ แล้วนำมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยปรับแก้ในประเด็นดังต่อไปนี้

- ปรับเวลาในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน โดยเพิ่มเวลาในขั้นประเมินผลจาก 10 นาที เป็น 30 นาที และลดเวลาในขั้นสำรวจและค้นหาจาก 70 นาที เป็น 50 นาที

- ในขั้นขยายความรู้ ซึ่งเป็นขั้นที่ฝึกให้นักเรียนคิดอย่างมีวิจารณญาณ ปรับข้อคำถามที่มีลักษณะเป็นแบบอัตนัยให้มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
- ปรับระยะเวลาในการจัดการเรียนการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 โดยมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่ปรับแก้จากผู้เชี่ยวชาญ

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
1. สารประกอบไฮโดรคาร์บอน	1. อธิบายความหมายและยกตัวอย่างประเภทของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แอลเคน, แอลคีน, แอลไคน์	5
	2. บอกความหมายและอธิบายปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาและกลไกของปฏิกิริยานั้น ๆ ได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เบนซีนและ	4
	3. ยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่พบในธรรมชาติพร้อมทั้งบอกประโยชน์และโทษของสารอินทรีย์เหล่านั้นได้	อนุพันธ์ของเบนซีน	
2. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ	4. บอกความหมายและอธิบายปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาและกลไกของปฏิกิริยานั้น ๆ ได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 แอลกอฮอล์, ฟีนอล, อีเทอร์	4
	5. ยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่พบในธรรมชาติพร้อมทั้งบอกประโยชน์และโทษของสารอินทรีย์เหล่านั้นได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แอลดีไฮด์และคีโตน	3

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)
		แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์	4
3. สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ		แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เอมีนและเอไมด์	2
	รวม		22

1.9 จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาหลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557)

2.2 ศึกษาเนื้อหาเรื่อง เคมีอินทรีย์

2.3 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ทั้งหมดที่จะทำการทดสอบ เรื่อง เคมีอินทรีย์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.4 กำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังแสดงในตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แผนการจัดการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ						รวม	ต้องการจริง
		ความรู้-จำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า		
แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 1 เรื่อง สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน (แอลเคน, แอลคีน, แอลไคน์)	1. อธิบายสมบัติและการ เกิดปฏิกิริยาของ สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน (แอลเคน, แอลคีน, แอลไคน์)	-	6	-	2	-	-	8	4
			(3)		(1)				
		ไฮโดรคาร์บอนที่มีจำนวน อะตอมของคาร์บอนเท่ากัน แต่ชนิดของพันธะใน โมเลกุลต่างกัน พร้อมทั้ง บอกเหตุผลได้							
	2. อธิบายแนวโน้ม ความสัมพันธ์ระหว่างจุด หลอมเหลวและจุดเดือด ของแอลเคน ไชโคล แอลเคน แอลคีน และ แอลไคน์ กับจำนวน อะตอมของคาร์บอนได้	-	2	-	-	-	-	2	1
			(1)						
	3. เปรียบเทียบสมบัติและ ปฏิกิริยาบางประ การของสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอนประเภท ต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียน สมการแสดงปฏิกิริยาที่ เกิดขึ้นได้	-	2	-	2	4	-	8	4
			(1)		(1)	(2)			

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							ต้องการจริง
		ความรู้-จำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า	รวม	
แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 2 เรื่อง สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน (เบนซีนและ อนุพันธ์ของ เบนซีน)	4. อธิบายสมบัติและ การเกิดปฏิกิริยาของ สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน ที่มีจำนวน อะตอมของคาร์บอนเท่ากัน แต่ชนิดของพันธะใน โมเลกุลต่างกัน พร้อมทั้ง บอกเหตุผลได้	-	2	-	2	-	-	4	2
			(1)		(1)				
	5. อธิบายสมบัติและการ เกิดปฏิกิริยาของเบนซีน และอนุพันธ์ของเบนซีนได้	4	2	-	-	-	-	6	3
		(2)	(1)						
	6. เปรียบเทียบสมบัติและ ปฏิกิริยาบางประการของ สารประกอบ ไฮโดรคาร์บอนประเภท ต่าง ๆ พร้อมทั้งเขียน สมการแสดงปฏิกิริยาที่ เกิดขึ้นได้	-	-	-	2	-	-	2	1
					(1)				
	7. บอกประโยชน์หรือโทษ ของสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอนได้	-	-	2	-	-	-	2	1
				(1)					



ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							ต้องการจริง
		ความรู้-จำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า	รวม	
แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารประกอบ อินทรีย์ที่มีธาตุ ออกซิเจนเป็น องค์ประกอบ (แอลกอฮอล์, ฟีนอล, อีเทอร์)	8. อธิบายสมบัติและ การเกิดปฏิกิริยาของ สารประกอบที่มีธาตุ ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ได้	2 (1)	2 (1)	-	-	-	-	4	2
	9. เปรียบเทียบสมบัติและ ปฏิกิริยาบางประการของ เอทานอลและแอซิดิก พร้อมทั้งเขียนสมการแสดง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้	-	-	-	2 (1)	-	2 (1)	4	2
แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 4 เรื่อง สารประกอบ อินทรีย์ที่มีธาตุ ออกซิเจนเป็น องค์ประกอบ (แอลดีไฮด์และ คีโตน)	10. อธิบายสมบัติและ การเกิดปฏิกิริยาของ สารประกอบที่มีธาตุ ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ได้	-	-	-	4 (2)	-	-	4	2
	11. อธิบายสมบัติและ การเกิดปฏิกิริยาของ สารประกอบที่มีธาตุ ออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ ได้	-	-	-	2 (1)	-	-	2	1

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

แผนการจัดการ เรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ							ต้องการจริง
		ความรู้-จำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า	รวม	
แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สารประกอบ อินทรีย์ที่มีธาตุ ออกซิเจนเป็น องค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและ เอสเทอร์)	12. เปรียบเทียบจุดเดือด ของสารประกอบอินทรีย์ ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุล ใกล้เคียงกันได้	-	2	-	2	-	-	4	2
	13. เขียนปฏิกิริยาเคมี ระหว่างกรดอินทรีย์กับ แอลกอฮอล์และปฏิกิริยา ไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ ได้	-	2	-	2	-	2	6	3
แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 6 เรื่อง สารประกอบ อินทรีย์ที่มีธาตุ ไนโตรเจนเป็น องค์ประกอบ (เอมีนและเอไมด์)	14. บอกประโยชน์หรือ โทษของสารประกอบ อินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจน เป็นองค์ประกอบได้	2	-	-	-	-	-	2	1
	15. อธิบายสมบัติและ การเกิดปฏิกิริยาของ สารประกอบที่มีธาตุ ไนโตรเจนเป็น องค์ประกอบได้	-	-	-	2	-	-	2	1
รวม		8	20	2	22	4	4	60	30
		(4)	(10)	(1)	(11)	(2)	(2)		

2.5 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ

2.6 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

2.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อพิจารณาและตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา โดยใช้การวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ พิจารณาความถูกต้องและเหมาะสมของภาษา โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และระดับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

2.8 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป (พรรณี ลีกิจวัฒน์, 2553, หน้า 106) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ผลการประเมินพบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นทั้งหมด 60 ข้อ มีจำนวน 59 ข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .60-1.00 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ (ภาคผนวก ค-8 หน้า 213-215)

2.9 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับแก้ในประเด็นดังต่อไปนี้

- ปรับการวัดระดับความรู้ตามจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูม ให้ถูกต้องตามจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

- ปรับแก้คำผิด การใช้ภาษา โครงสร้างและสมการเคมี รวมทั้งศัพท์เทคนิคให้มีความเหมาะสมและถูกต้อง

- ปรับประโยคคำถามให้ชัดเจนและสมบูรณ์มากขึ้น

- ปรับข้อตัวเลือกให้สมบูรณ์มากขึ้น

2.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

จากนั้นวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง .20-.80 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 184) และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185) ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่สามารถนำไปใช้ได้

2.11 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 30 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และโครงสร้างของแบบทดสอบที่กำหนด ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความยากง่าย ( $p$ ) อยู่ระหว่าง .20-.80 และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) อยู่ระหว่าง .20-.70 (ภาคผนวก ค-9 หน้า 216)

2.12 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ .70 ขึ้นไป (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209) จากผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .88 (ภาคผนวก ค-9 หน้า 217)

2.13 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน

3. แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามจุดมุ่งหมายที่ต้องการวัด

3.2 กำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังแสดงในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 โครงสร้างของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	จำนวนข้อ	ต้องการจริง (ข้อ)
ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์	6	3
ด้านการรวบรวมข้อมูล	6	3
ด้านการประมวลผลข้อมูล	6	3
ด้านการลงข้อสรุป	6	3
รวม	24	12

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 24 ข้อ โดยแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นนี้ ประกอบด้วยกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้านคือ

3.3.1 ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์

3.3.2 ด้านการรวบรวมข้อมูล

3.3.3 ด้านการประมวลผลข้อมูล

3.3.4 ด้านการลงข้อสรุป

3.4 นำแบบทดสอบสร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม ความสอดคล้องของข้อคำถามและกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความถูกต้องของเนื้อหา และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง

3.5 นำแบบทดสอบวัดผลวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่แก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อพิจารณาและตรวจสอบความเที่ยงตรงด้านเนื้อหา โดยใช้การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พิจารณาความถูกต้องและความเหมาะสมของภาษา โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับกระบวนการคิดอย่างมี

วิจารณญาณ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับกระบวนการคิดอย่างมี

วิจารณญาณ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับกระบวนการคิดอย่างมี

วิจารณญาณ

3.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาหาค่าเฉลี่ย แล้วพิจารณาข้อที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ .50 ขึ้นไป (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2553, หน้า 106) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องและความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ผลการประเมินพบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สร้างขึ้นทั้งหมด 24 ข้อ ทุกข้อมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง .80-1.00 (ภาคผนวก ก-10 หน้า 218) ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้

3.7 ปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับแก้ในประเด็นดังต่อไปนี้

- ปรับแก้รูปภาพในบทความให้ชัดเจนมากขึ้น

- ปรับแก้สมการเคมีในบทความให้ถูกต้อง

- ปรับแก้คำผิด การใช้ภาษา โครงสร้างและสมการเคมี ให้มีความเหมาะสม และถูกต้อง

3.8 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬารัตนาธิราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน แล้ววิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง .20-.80 (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 184) และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ .20 ขึ้นไป (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 185) ซึ่งถือว่าเป็นข้อสอบที่สามารถนำไปใช้ได้

3.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบจำนวน 12 ข้อ ที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน และโครงสร้างของแบบทดสอบที่กำหนด ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง .28-.72 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .22-.56 (ภาคผนวก ค-11 หน้า 220)

3.10 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ .70 ขึ้นไป (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 209) จากการวิเคราะห์พบว่า แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .78 (ภาคผนวก ค-11 หน้า 220)

3.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬารัตนาธิราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน

### วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ชี้แจงให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬารัตนาธิราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน เข้าใจถึงขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้และบทบาทของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์

2. ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพและปรับปรุงแก้ไขแล้ว

3. ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ กับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง โดยดำเนินการสอนเป็น 4 ขั้นตอน (PAOR) และต่อเนื่องเป็น 3 วงจร ดังนี้

3.1 วงจรที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2

3.2 วงจรที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4

3.3 วงจรที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และ 6

4. รวบรวมข้อมูลระหว่างการจัดการเรียนรู้ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย บันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย แบบสังเกตพฤติกรรม และแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร ซึ่งอยู่ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์แล้วปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง ก่อนนำไปใช้ในการวางแผนการปฏิบัติการสอนในวงจรต่อไป

5. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนในแต่ละวงจร ให้นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

6. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แล้วบันทึกผลการทดสอบไว้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

7. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติ สำหรับข้อมูลส่วนต่าง ๆ ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลในแต่ละวงจรมานั้นจะถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่ออธิบายปัญหาต่าง ๆ ที่ควรปรับปรุง และพัฒนาการจัดการเรียนรู้ต่อไป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยใช้ข้อมูลทั้งระหว่างดำเนินการวิจัยเชิงปฏิบัติการและเมื่อสิ้นสุดการวิจัย ดังนี้

1. ข้อมูลเชิงปริมาณ ได้จากการนำข้อมูลจากแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เมื่อสิ้นสุดการวิจัยทั้ง 3 วงจร ให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ แล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์โดยใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยเกณฑ์ในการวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์สามารถเทียบได้กับเกณฑ์ของ สิริชัย กาญจนวาสิ (2552, หน้า 266-268) ซึ่งกำหนดไว้ดังนี้

ช่วงคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (%)	ระดับพัฒนาการ
76.00-100.00	พัฒนาการระดับสูงมาก
51.00-75.00	พัฒนาการระดับสูง
26.00-50.00	พัฒนาการระดับปานกลาง
0.00-25.00	พัฒนาการระดับต่ำ

2. ข้อมูลเชิงคุณภาพ ได้จากการเก็บข้อมูลจากบันทึกหลังการสอนของผู้วิจัย และแบบสังเกตพฤติกรรม เพื่อนำผลการวิเคราะห์ไปพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

## สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

### 1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าร้อยละ (P) เป็นการนำคะแนนที่สอบได้ไปเทียบกับคะแนนเต็ม โดยเปลี่ยนคะแนนเต็มให้มีค่าเป็น 100 คะแนน ซึ่งคำนวณโดยใช้สูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 260)

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

เมื่อ	P	แทน	ร้อยละ
	f	แทน	ความถี่หรือคะแนนที่ต้องการแปลงเป็นค่าร้อยละ
	N	แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมดหรือคะแนนเต็ม

1.2 ค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) เป็นค่าคะแนนที่เกิดจากการนำคะแนนทั้งหมดมารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด เป็นการหาค่ากลางเพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย (ณรงค์ โพธิ์พุกขานันท์, 2550, หน้า 205)

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

เมื่อ	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
	X	แทน	ข้อมูล
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุดนั้น
	n	แทน	จำนวนของข้อมูล



1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) ใช้บอกถึงการกระจายของข้อมูล กลุ่มตัวอย่างคำนวณได้จากสูตร (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556 หน้า 31)

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

เมื่อ	SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	X	แทน	คะแนนแต่ละค่า
	$\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากกลุ่มตัวอย่าง
	N	แทน	จำนวนประชากร

## 2. การวิเคราะห์พัฒนาการ

ใช้การวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ โดยคำนวณจากสูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 278)

$$DS\% = \frac{Y - X}{F - X} \times 100$$

เมื่อ	DS(%)	แทน	คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน (Development score)
	X	แทน	คะแนนวัดครั้งก่อน
	Y	แทน	คะแนนวัดครั้งหลัง
	F	แทน	คะแนนเต็ม

## 3. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3.1 ค่าความเที่ยง (Validity value) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ เรียกว่า การหาดัชนีความสอดคล้อง (Index of congruence, IOC) ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ เนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คำนวณได้จากสูตร ดังนี้ (ยุทธ ไกยวรรณ, 2552, หน้า 61)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.2 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 127)

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากของข้อสอบ
	R	แทน	จำนวนผู้สอบที่ตอบถูก
	N	แทน	จำนวนผู้สอบทั้งหมด

3.3 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำได้โดยการใช้เทคนิค 50% เพื่อแบ่งข้อสอบออกเป็น 2 กลุ่ม เนื่องจากกลุ่มเป้าหมายมีจำนวนน้อย แล้วใช้สูตรเพื่อหาค่าอำนาจจำแนก (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 122-123)

$$D_c = \frac{R_u}{N_u} - \frac{R_l}{N_l}$$

เมื่อ	$D_c$	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	$R_u$	แทน	จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	$R_l$	แทน	จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	$N_u$	แทน	จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูง
	$N_l$	แทน	จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำ

3.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้วิธีการของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 (KR-20) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 114-115)

$$KR - 20 = \frac{n}{(n - 1)} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{S^2} \right]$$

เมื่อ	n แทน	จำนวนข้อของข้อคำถาม
	P แทน	สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบได้คะแนน 1
	q แทน	สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบได้คะแนน 0
	S <sup>2</sup> แทน	ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมรายบุคคล
		หาได้จากสูตร $S^2 = \frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{N}$
		เมื่อ N แทน จำนวนคนที่ทำการทดสอบ

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลและได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ประเด็น ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
3. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ได้ผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 คะแนนพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์

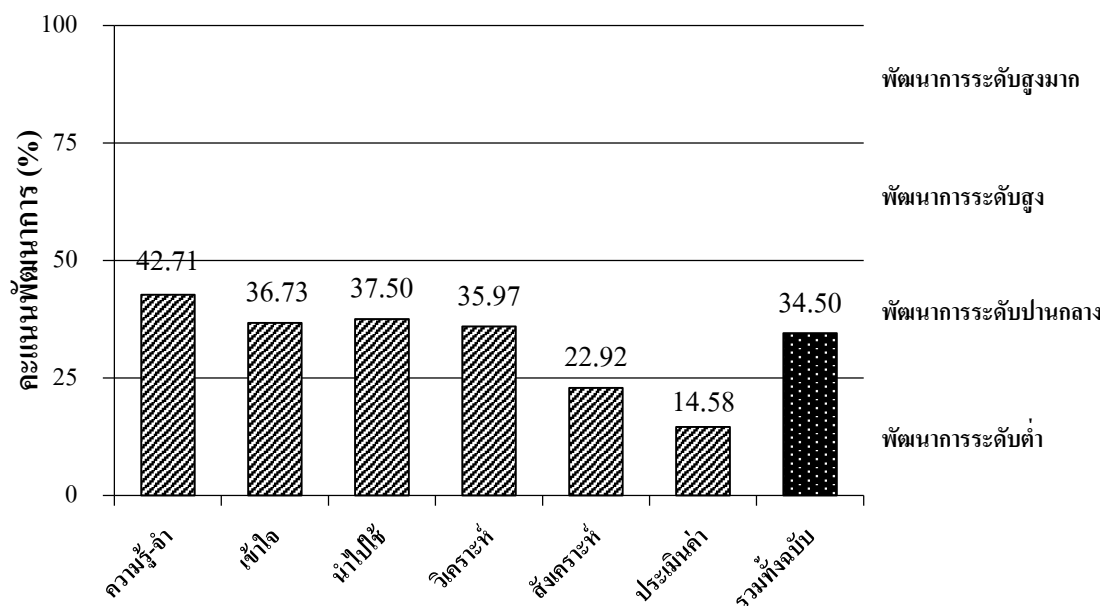
คน ที่-	คะแนนก่อนเรียน							คะแนนหลังเรียน							คะแนนพัฒนาการ						
	ความรู้ - จำ (4)	ความเข้าใจ (10)	นำไปใช้ (1)	วิเคราะห์ (11)	สังเคราะห์ (2)	ประเมินค่า (2)	รวมทั้งฉบับ (30)	ความรู้ - จำ (4)	ความเข้าใจ (10)	นำไปใช้ (1)	วิเคราะห์ (11)	สังเคราะห์ (2)	ประเมินค่า (2)	รวมทั้งฉบับ (30)	ความรู้ - จำ (%)	ความเข้าใจ (%)	นำไปใช้ (%)	วิเคราะห์ (%)	สังเคราะห์ (%)	ประเมินค่า (%)	รวมทั้งฉบับ (%)
1	2	1	0	2	0	0	5	3	1	0	4	1	0	9	50.00	0.00	0.00	22.22	50.00	0.00	16.00
2	0	3	0	4	1	0	8	3	6	1	8	1	0	19	75.00	42.86	100.00	57.14	0.00	0.00	50.00
3	2	1	0	4	0	0	7	2	2	0	6	1	1	12	0.00	11.11	0.00	28.57	50.00	50.00	21.74
4	1	0	0	0	0	0	1	3	6	1	4	1	1	16	66.67	60.00	100.00	36.36	50.00	50.00	51.72
5	3	2	0	1	1	0	7	4	8	1	7	1	0	21	100.00	75.00	100.00	60.00	0.00	0.00	60.87
6	3	1	0	2	0	0	6	4	5	0	4	1	1	15	100.00	44.44	0.00	22.22	50.00	50.00	37.50
7	1	4	0	3	0	0	8	2	6	1	4	0	0	13	33.33	33.33	100.00	12.50	0.00	0.00	22.73
8	0	3	0	4	1	1	9	1	4	0	5	1	1	12	25.00	14.29	0.00	14.29	0.00	0.00	14.29
9	4	3	0	2	0	0	9	4	5	0	7	1	0	17	0.00	28.57	0.00	55.56	50.00	0.00	38.10
10	1	6	1	4	0	0	12	2	9	1	7	1	0	20	33.33	75.00	0.00	42.86	50.00	0.00	44.44

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ร.ด. - ปี	คะแนนก่อนเรียน							คะแนนหลังเรียน							คะแนนพัฒนาการ						
	ความรู้ - จำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า	รวมทั้งฉบับ	ความรู้ - จำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า	รวมทั้งฉบับ	ความรู้ - จำ	ความเข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	สังเคราะห์	ประเมินค่า	รวมทั้งฉบับ
	(4)	(10)	(1)	(11)	(2)	(2)	(30)	(4)	(10)	(1)	(11)	(2)	(2)	(30)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
11	1	2	0	1	1	0	5	2	5	0	3	1	1	12	33.33	37.50	0.00	20.00	0.00	50.00	28.00
12	2	3	0	1	0	0	6	3	8	1	8	1	0	21	50.00	71.43	100.00	70.00	50.00	0.00	62.50
13	2	2	0	1	0	1	6	2	3	0	3	1	1	10	0.00	12.50	0.00	20.00	50.00	0.00	16.67
14	3	3	1	0	0	0	7	4	4	1	6	0	1	16	100.00	14.29	0.00	54.55	0.00	50.00	39.13
15	1	3	1	3	0	0	8	2	6	1	5	0	0	14	33.33	42.86	0.00	25.00	0.00	0.00	27.27
16	0	3	1	1	1	0	6	1	4	1	3	1	0	10	25.00	14.29	0.00	20.00	0.00	0.00	16.67
17	3	2	0	0	2	1	8	3	2	0	3	2	1	11	0.00	0.00	0.00	22.27	0.00	0.00	13.64
18	4	1	0	2	1	0	8	4	3	1	3	1	0	12	0.00	22.22	100.00	11.11	0.00	0.00	18.18
19	2	3	0	2	0	0	7	3	6	0	4	0	0	13	50.00	42.86	0.00	22.22	0.00	0.00	26.09
20	1	1	0	0	0	0	2	3	5	1	1	2	1	13	66.67	44.44	100.00	9.09	100.00	50.00	39.29

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

คน ร.บ.	คะแนนก่อนเรียน							คะแนนหลังเรียน							คะแนนพัฒนาการ						
	ความรู้ - จำ (4)	ความเข้าใจ (10)	นำไปใช้ (1)	วิเคราะห์ (11)	สังเคราะห์ (2)	ประเมินค่า (2)	รวมทั้งฉบับ (30)	ความรู้ - จำ (4)	ความเข้าใจ (10)	นำไปใช้ (1)	วิเคราะห์ (11)	สังเคราะห์ (2)	ประเมินค่า (2)	รวมทั้งฉบับ (30)	ความรู้ - จำ (%)	ความเข้าใจ (%)	นำไปใช้ (%)	วิเคราะห์ (%)	สังเคราะห์ (%)	ประเมินค่า (%)	รวมทั้งฉบับ (%)
21	1	4	0	2	0	0	7	2	6	0	6	0	0	14	33.33	33.33	0.00	44.44	0.00	0.00	30.43
22	3	4	1	6	0	0	17	4	8	1	9	1	0	23	100.00	33.33	0.00	60.00	50.00	50.00	46.15
23	2	2	0	1	0	0	5	2	6	1	6	0	0	15	0.00	50.00	100.00	50.00	0.00	0.00	40.00
24	2	1	0	2	1	0	6	3	8	1	9	1	0	22	50.00	77.78	100.00	77.78	0.00	0.00	66.67
$\bar{X}$	1.83	2.54	0.21	2.00	0.38	0.13	7.08	2.75	5.25	0.58	5.21	0.83	0.38	15.00	42.71	36.73	37.50	35.97	22.92	14.58	34.50
SD	1.17	1.61	0.41	1.56	0.58	0.34	3.06	0.94	2.11	0.50	2.15	0.56	0.49	4.09	34.61	23.34	49.45	20.32	29.41	23.22	16.09



ภาพที่ 4-1 ระดับพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์

จากตารางที่ 4-1 และภาพที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีคะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรวมทั้งฉบับ เฉลี่ยร้อยละ 34.50 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความรู้จำ มีคะแนนพัฒนาการสูงที่สุด (ร้อยละ 42.71) รองลงมาเป็นด้านการนำไปใช้ (ร้อยละ 37.50) ด้านความเข้าใจ (ร้อยละ 36.73) ด้านการวิเคราะห์ (ร้อยละ 35.97) ด้านการสังเคราะห์ (ร้อยละ 22.92) และด้านการประเมินค่า (ร้อยละ 14.58) ตามลำดับ ซึ่งนักเรียนมีพัฒนาการทุกด้านอยู่ในระดับปานกลาง ยกเว้นด้านการสังเคราะห์ และด้านการประเมินค่า ที่มีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับต่ำ

2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ได้ผลดังตารางที่ 4-2



ตารางที่ 4-2 คะแนนพัฒนาการด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์

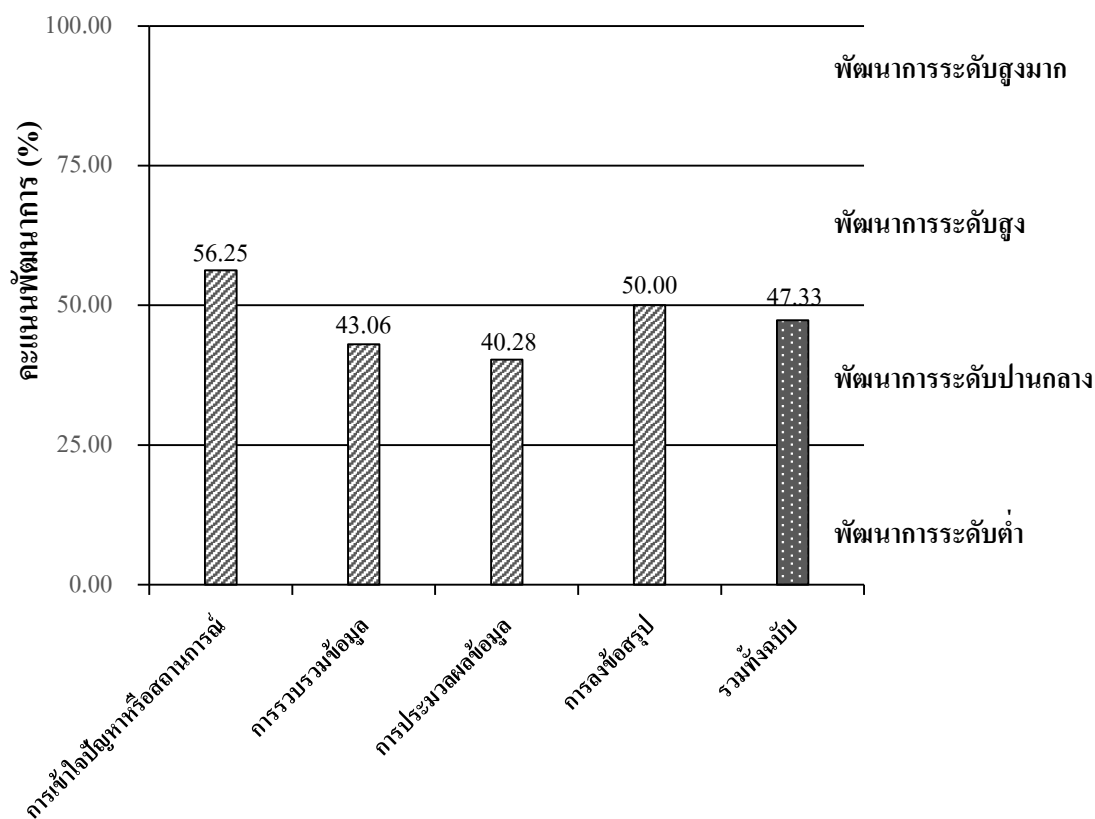
คน ร.ก.	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน					คะแนนพัฒนาการ				
	การเข้าใจปัญหา หรือสถานการณ์	การรวบรวมข้อมูล	การประมวลผล ข้อมูล	การลงข้อสรุป	รวมทั้งฉบับ	การเข้าใจปัญหา หรือสถานการณ์	การรวบรวมข้อมูล	การประมวลผล ข้อมูล	การลงข้อสรุป	รวมทั้งฉบับ	การเข้าใจปัญหา หรือสถานการณ์	การรวบรวมข้อมูล	การประมวลผล ข้อมูล	การลงข้อสรุป	รวมทั้งฉบับ
	(3)	(3)	(3)	(3)	(12)	(3)	(3)	(3)	(3)	(12)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1	1	2	2	2	7	3	2	3	3	11	100.00	0.00	100.00	100.00	80.00
2	0	0	1	2	3	3	3	2	2	10	100.00	100.00	50.00	0.00	77.78
3	1	2	0	0	3	2	2	1	2	7	50.00	0.00	33.33	66.67	44.44
4	0	0	0	0	0	1	2	2	0	5	33.33	66.67	66.67	0.00	41.67
5	2	2	1	0	5	2	3	1	1	7	0.00	100.00	0.00	33.33	28.57
6	0	0	0	0	0	2	1	0	2	5	66.67	33.33	0.00	66.67	41.67
7	1	1	0	1	3	1	2	2	2	7	0.00	50.00	66.67	50.00	44.44
8	0	0	0	0	0	1	2	1	1	5	33.33	66.67	33.33	33.33	41.67
9	1	1	0	2	4	1	2	1	3	7	0.00	50.00	33.33	100.00	37.50

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

คน ที่-	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน					คะแนนพัฒนาการ				
	การเข้าใจปัญหา หรือสถานการณ์	การรวบรวมข้อมูล	การประมวลผล ข้อมูล	การลงข้อสรุป	รวมทั้งนับ	การเข้าใจปัญหา หรือสถานการณ์	การรวบรวมข้อมูล	การประมวลผล ข้อมูล	การลงข้อสรุป	รวมทั้งนับ	การเข้าใจปัญหา หรือสถานการณ์	การรวบรวมข้อมูล	การประมวลผล ข้อมูล	การลงข้อสรุป	รวมทั้งนับ
	(3)	(3)	(3)	(3)	(12)	(3)	(3)	(3)	(3)	(12)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
10	2	2	2	1	7	3	3	2	1	9	100.00	100.00	0.00	0.00	40.00
11	0	1	0	0	1	1	2	2	3	6	33.33	50.00	66.67	100.00	45.45
12	2	1	2	0	5	3	1	3	2	9	100.00	0.00	100.00	66.67	57.14
13	0	2	1	1	4	2	2	1	1	6	66.67	0.00	0.00	0.00	25.00
14	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	100.00	0.00	0.00	0.00	25.00
15	0	2	1	1	4	3	3	1	1	8	100.00	100.00	0.00	0.00	50.00
16	1	0	2	2	5	2	1	3	3	9	50.00	33.33	100.00	100.00	57.14
17	0	1	1	0	2	2	1	3	2	8	66.67	0.00	100.00	66.67	60.00
18	1	0	0	0	1	2	1	1	2	6	50.00	33.33	33.33	66.67	45.45

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

คน ที่	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน					คะแนนพัฒนาการ							
	การแก้ปัญหา หรือสถานการณ์	การรู้เท่า เข้าใจ	การประเมิน ผล	การตั้ง คำถาม	รวมทั้ง สิ้น	การแก้ปัญหา หรือสถานการณ์	การรู้เท่า เข้าใจ	การประเมิน ผล	การตั้ง คำถาม	รวมทั้ง สิ้น	การรู้เท่า เข้าใจ	การประเมิน ผล	การตั้ง คำถาม	รวมทั้ง สิ้น	การรู้เท่า เข้าใจ	การประเมิน ผล	การตั้ง คำถาม	รวมทั้ง สิ้น
	(3)	(3)	(3)	(3)	(12)	(3)	(3)	(3)	(3)	(12)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
18	1	0	0	0	1	2	1	1	2	6	50.00	33.33	33.33	66.67	45.45			
19	2	2	0	0	4	2	3	1	1	7	0.00	100.00	33.33	33.33	37.50			
20	0	2	1	1	4	3	2	1	3	9	100.00	0.00	0.00	100.00	62.50			
21	2	1	1	2	6	2	3	1	3	9	0.00	100.00	0.00	100.00	50.00			
22	2	1	2	1	6	2	2	3	2	9	0.00	50.00	100.00	50.00	50.00			
23	1	1	1	0	3	3	1	2	2	8	100.00	0.00	50.00	66.67	55.56			
24	0	2	1	1	4	3	2	1	1	7	100.00	0.00	0.00	0.00	37.50			
$\bar{X}$	0.79	1.08	0.79	0.71	3.38	2.17	1.92	1.58	1.79	7.38	56.25	43.06	40.28	50.00	47.33			
SD	0.83	0.83	0.78	0.81	2.18	0.76	0.83	0.93	0.93	1.86	40.77	40.50	38.98	39.01	13.96			



ภาพที่ 4-2 ระดับพัฒนาการด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์

จากตารางที่ 4-2 และภาพที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ มีคะแนนพัฒนาการด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณรวมทั้งฉบับ เฉลี่ยร้อยละ 47.33 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นรายด้านพบว่า ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ มีคะแนนพัฒนาการสูงที่สุด (ร้อยละ 56.25) รองลงมาเป็นด้านการลงข้อสรุป (ร้อยละ 50.00) ด้านการรวบรวมข้อมูล (ร้อยละ 43.06) และด้านการประมวลผลข้อมูล (ร้อยละ 40.28) ตามลำดับ จะเห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์อยู่ในระดับสูง ส่วนด้านการรวบรวมข้อมูล ด้านการประมวลผลข้อมูล และด้านการลงข้อสรุป อยู่ในระดับปานกลาง

3. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติตามแผน (Action) การสังเกตผล (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) ในหนึ่งวงจร และต่อเนื่องทั้งหมด 3 วงจร ดังนี้

วงจรที่ 1 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 กับกลุ่มเป้าหมาย โดยดำเนินการดังนี้

1. การวางแผน (Plan) ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่ได้จากการนำไปทดลองใช้ (Try out) กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/6 พบว่า ในตอนแรกที่ผู้วิจัยทดลองใช้แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีลักษณะเป็นแบบอัตนัย เพื่อเปิดกว้างให้นักเรียนได้คิดและตอบคำถาม ผลปรากฏว่า นักเรียนมีแนวคำตอบที่หลากหลายและค่อนข้างกว้าง ทำให้ไม่สามารถจับประเด็นหลักของบทความนั้น ๆ ได้ นักเรียนบางคนไม่เข้าใจว่าต้องตอบคำถามแบบใดถึงจะได้คะแนน ทำให้นักเรียนเกิดความสับสน ผู้วิจัยจึงวางแผนว่าจะเปลี่ยนแนวจากการให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นมาเป็นการกำหนดแนวคำตอบให้นักเรียนพิจารณาและเลือกตอบในข้อที่คิดว่าถูกต้องที่สุด นอกจากนี้ในขั้นตอนที่ให้นักเรียนร่วมกันอ่านเพื่อทำความเข้าใจกับบทความที่กำหนดให้ โดยผู้วิจัยแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ๆ ละ 3 คน จำนวน 8 กลุ่ม และให้บทความนั้น ๆ แก่ นักเรียนกลุ่มละ 1 ชุด ทำให้พบปัญหาในการอ่าน เพราะนักเรียนบางคนอ่านช้า บางคนอ่านเร็ว บางคนอ่านแล้วต้องขีดหรือเขียนอะไรลงไปด้วย ส่งผลให้นักเรียนไม่ถนัด และทำแบบทดสอบได้ไม่เต็มศักยภาพ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะให้บทความแก่นักเรียนเป็นรายบุคคลในครั้งต่อไป

2. การปฏิบัติตามแผน (Action) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (แอลเคน แอลคีน แอลไคน์) และสารประกอบไฮโดรคาร์บอน (เบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีน) ตามลำดับ รวมเป็นจำนวน 8 คาบ (400 นาที) ซึ่งผู้วิจัยสามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้เกือบทั้งหมด แต่ในระหว่างการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 ตรงกับช่วงที่โรงเรียนจัดกิจกรรม และตรงกับวันหยุดราชการ ทำให้เกิดผลกระทบในเรื่องของจำนวนคาบเรียนที่หายไป ผู้วิจัยจึงได้แก้ไขโดยการนัดเรียนชดเชยตามจำนวนคาบเรียนที่หายไป เพื่อให้การจัดการเรียนรู้บรรลุตามวัตถุประสงค์

3. การสังเกตผล (Observe) ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ แผนที่ 1 และ 2

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (10 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ (4 คะแนน)
	1	0
2	2	1
3	4	3
4	3	3
5	5	2
6	3	1
7	1	4
8	2	3
9	2	3
10	5	2
11	1	3
12	5	2
13	2	3
14	4	4
15	1	2
16	3	3
17	3	2
18	2	4
19	4	3
20	3	1
21	8	3
22	5	2
23	4	4

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (10 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ (4 คะแนน)
24	3	2
$\bar{X}$	3.13	2.58
SD	1.75	0.93

จากตารางที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ของนักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และนักเรียนมีคะแนนในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 2.58 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน ซึ่งสาเหตุที่นักเรียนทำแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ได้ไม่ดีนัก ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนอาจเกิดจากเนื้อหาที่เรียนเป็นเรื่องที่มีความลึกของเนื้อหา และนักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ ทำให้นักเรียนบางคน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นนักเรียนที่ได้คะแนน 0-3 คะแนน จากตารางจะเห็นได้ว่ามีนักเรียนหนึ่งคน (เลขที่ 1) ได้คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 0 คะแนน ผู้วิจัยได้ตรวจสอบจากจำนวนคาบที่เข้าเรียน พบว่าเด็กขาดเรียนบ่อยทำให้เรียนไม่ทันเพื่อนในห้อง ส่งผลให้คะแนนทางด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนน้อย และจากผู้วิจัยได้สอบถามนักเรียนคนดังกล่าว พบว่านักเรียนรู้สึกท้อที่ต้องมาเรียนเนื้อหาที่มีความยาก และตัวนักเรียนเองเคยสอบได้คะแนนสูงมาก่อน เนื่องจากเมื่อเรียนในระดับที่สูงขึ้น ประกอบกับเนื้อหาที่มีความยากขึ้น ทำให้ตัวนักเรียนไม่มีความกระตือรือร้นในการเรียนเนื้อหาข้างต้น

ในส่วนของแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.58 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน ซึ่งค่อนข้างน้อย สาเหตุที่นักเรียนได้คะแนนน้อย เนื่องจากนักเรียนยังไม่ได้ถูกฝึก และยังไม่มีความรู้พื้นฐานทางการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เมื่อพิจารณาเป็นภาพรวมพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มที่ได้คะแนนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง แต่คะแนนด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณค่อนข้างน้อย อาจเป็นเพราะในวงจรแรกนั้นนักเรียนยังไม่ได้ถูกฝึกให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ จึงทำให้คะแนนในด้านนี้ค่อนข้างน้อย ในขณะที่เดียวกันมีนักเรียนบางกลุ่มที่ได้คะแนนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อย แต่คะแนนด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูง อาจเป็นเพราะนักเรียนกลุ่มนี้

ตามไม่ทันเนื้อหาที่เรียน หรือไม่สามารถจับประเด็นหลักของเรื่องได้ แต่สามารถทำคะแนนในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้เต็ม อาจเนื่องมาจากแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีลักษณะที่ไม่อิงเนื้อหา (Free content) และเป็นเรื่องที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและทำคะแนนในด้านนี้ได้สูง

4. การสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องเคมีอินทรีย์ แผนที่ 1 และ 2 พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีดังกล่าวเป็นครั้งแรก โดยเฉพาะในชั้นขยายความรู้ซึ่งเป็นด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ นักเรียนยังไม่ได้ถูกฝึก และยังไม่มีความรู้มาก่อน ส่วนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นพบว่า เนื้อหาที่เรียนเป็นเรื่องที่มีความลึกของเนื้อหา

แนวทางการปรับแผนในวงจรถัดไป

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางการปรับปรุงแผนในวงจรที่ 2 ต่อไปดังนี้

1. ผู้วิจัยให้บทความกับนักเรียนเป็นรายบุคคล เพื่อให้นักเรียนได้อ่านและพิจารณาบทความดังกล่าวได้เต็มที่
  2. ในด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผู้วิจัยเปลี่ยนแนวจากการให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นมาเป็นการกำหนดแนวคำตอบมาให้ให้นักเรียนพิจารณาข้อที่ถูกต้องที่สุด เพื่อให้นักเรียนเข้าใจในกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้าน และมีความชัดเจนในคำตอบ
  3. ผู้วิจัยต้องใช้เวลากับผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้า และร่วมกันอภิปรายให้มากขึ้น เพื่อให้ นักเรียนที่ตามไม่ทันหรือไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน สามารถจับประเด็นสำคัญของเนื้อหาได้มากขึ้น
  4. ผู้วิจัยให้กำลังใจแก่ผู้เรียนให้มากขึ้น โดยเฉพาะนักเรียนคนที่ขาดเรียนบ่อยหรือรู้สึกท้อแท้ในการเรียน เพื่อให้ นักเรียนมีกำลังใจ และมีความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น
  5. ผู้วิจัยต้องให้นักเรียนได้ฝึกในด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้มากขึ้น
- วงจรที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 กับกลุ่มเป้าหมาย โดยดำเนินการดังนี้

1. การวางแผน (Plan) ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ตามแนวทางที่ได้จากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2
2. การปฏิบัติตามแผน (Action) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์) และ เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (แอลดีไฮด์และคีโตน) ตามลำดับ



รวมเป็นจำนวน 7 คาบ (350 นาที) ซึ่งผู้วิจัยพบปัญหาในระหว่างสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เป็นจำนวน 1 คาบ เนื่องจากอุปสรรคการเรียนการสอนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ไม่สมบูรณ์ จึงทำให้เกิดความติดขัดในระหว่างการเรียนการสอน

3. การสังเกตผล (Observe) ผู้วิจัยดำเนินการโดยใช้แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-4 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ แผนที่ 3 และ 4

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (10 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ (4 คะแนน)
1	2	3
2	2	3
3	4	4
4	3	4
5	8	4
6	3	3
7	7	4
8	7	4
9	3	3
10	7	3
11	3	4
12	9	1
13	2	4
14	3	2
15	3	2
16	6	4
17	6	1

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (10 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ (4 คะแนน)
18	1	2
19	4	2
20	1	3
21	4	4
22	8	4
23	6	4
24	4	3
$\bar{X}$	4.42	3.13
SD	2.36	0.99

จากตารางที่ 4-4 แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ของนักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.42 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และนักเรียนมีคะแนนในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน จะเห็นได้ว่านักเรียนทำคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้สูงกว่าคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 (3.13 คะแนน) ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนเริ่มเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น ประกอบกับเนื้อหาที่เรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 มีความคล้ายคลึงกับเนื้อหาที่เรียนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 ทำให้นักเรียนสามารถจับประเด็นหลักของเนื้อหาได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้สรุปเนื้อหาในเรื่องที่สอนให้นักเรียนอีกครั้งก่อนประเมินนักเรียน โดยแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร

ในส่วนของแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 ซึ่งสูงกว่าคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 (2.58 คะแนน) ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนได้บทความเป็นรายบุคคล ทำให้สะดวกต่อการอ่านมากขึ้น ประกอบกับผู้วิจัยได้กำหนดแนวคำตอบให้นักเรียนเพื่อพิจารณาและตัดสินใจเลือกข้อที่ถูกต้องที่สุด ทำให้นักเรียนเข้าใจประเด็นในแต่ละด้านของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณมากขึ้น

เมื่อพิจารณาเป็นภาพรวมพบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มที่ได้คะแนนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง แต่คะแนนด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณค่อนข้างน้อย อาจเป็นเพราะนักเรียนยังไม่เข้าใจกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จึงทำให้คะแนนในด้านนี้ค่อนข้างน้อย ในขณะที่เดียวกันมีนักเรียนบางกลุ่มที่ได้คะแนนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อย แต่คะแนนด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูง อาจเป็นเพราะนักเรียนกลุ่มนี้ยังไม่สามารถจับประเด็นหลักของเนื้อหาได้ ประกอบกับเรื่องที่เรียนมีความลึกของเนื้อหา แต่สามารถทำคะแนนในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้เต็ม อาจเนื่องมาจากแบบทดสอบที่ใช้ในการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีลักษณะที่ไม่อิงเนื้อหา (Free content) และเป็นเรื่องที่พบเห็นได้ในชีวิตประจำวัน จึงทำให้นักเรียนเกิดความสนใจและทำคะแนนในด้านนี้ได้สูง

4. การสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องเคมีอินทรีย์ แผนที่ 3 และ 4 พบว่า การปรับปรุงแผนที่ใช้ในการสอนในวงจรที่ 1 ช่วยให้นักเรียนเข้าใจประเด็นสำคัญของเนื้อหาได้มากขึ้น โดยนักเรียนส่วนใหญ่มีพัฒนาการที่ดีขึ้น และจากการสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน โดยส่วนใหญ่มีความเห็นตรงกันว่า การที่ผู้วิจัยพูดซ้ำและชัดเจนมากขึ้น ประกอบกับการสรุปเนื้อหาให้นักเรียนหลังเรียนจบในเรื่องนั้น ๆ ทำให้นักเรียนบางส่วนที่ตามไม่ทันเข้าใจมากขึ้น ซึ่งเห็นได้จากคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 ที่นักเรียนสอบได้คะแนนเฉลี่ยมากขึ้นเมื่อเทียบกับคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 นอกจากนี้ นักเรียนยังร่วมแสดงความคิดเห็นในด้านของการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่องของบทความที่ใช้ในการสอนว่าบางบทความยาวเกินไปทำให้นักเรียนต้องอ่านซ้ำอีกรอบ เนื่องจากลืมนเนื้อหาในช่วงต้นเมื่ออ่านถึงเนื้อหาในช่วงท้าย

แนวทางการปรับแผนในวงจรถัดไป

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการปรับปรุงแผนในวงจรที่ 3 ต่อไปดังนี้

1. ผู้วิจัยปรับบทความที่ใช้ในการสอนให้มีความกระชับมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถจับใจความสำคัญของเนื้อเรื่องได้
2. ผู้วิจัยต้องสรุปเนื้อหาให้นักเรียนทุกครั้งหลังสอนเสร็จรวมทั้งก่อนทำแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร เพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนเนื้อหาในเรื่องที่เรียนไปแล้ว และเพื่อให้นักเรียนได้เข้าใจประเด็นที่สำคัญของเนื้อหานั้น ๆ
3. ผู้วิจัยต้องชื่นชมและให้กำลังใจนักเรียนอยู่เสมอ เพื่อเป็นการเพิ่มความกระตือรือร้นในการเรียนมากขึ้น

4. ผู้วิจัยต้องตรวจสอบโปรเจกเตอร์ในห้องเรียนก่อนทำการสอน เพื่อจะได้แก้ปัญหาเบื้องต้นได้ทัน เช่น การย้ายห้องเรียน เป็นต้น และเพิ่มสื่อในการเรียนการสอนให้มากขึ้น

วงจรที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และ 6 กับกลุ่มเป้าหมาย โดยดำเนินการดังนี้

1. การวางแผน (Plan) ผู้วิจัยดำเนินการปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ตามแนวทางที่ได้จากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4

2. การปฏิบัติตามแผน (Action) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 และ 6 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์) และเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (เอมีนและเอไมด์) ตามลำดับรวมเป็นจำนวน 7 คาบ (350 นาที) ซึ่งผู้วิจัยสามารถจัดการเรียนการสอนได้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ และได้บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดลงในแบบบันทึกหลังการสอน

3. การสังเกตผล (Observe) ผู้วิจัยดำเนินการ โดยใช้แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งได้ผลแสดงดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 หลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ แผนที่ 5 และ 6

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (10 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ (4 คะแนน)
1	4	3
2	3	4
3	3	3
4	4	4
5	5	4
6	4	2
7	6	3
8	7	3

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3	
	แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (10 คะแนน)	แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิด อย่างมีวิจารณญาณ (4 คะแนน)
9	2	4
10	5	4
11	4	4
12	3	4
13	5	2
14	2	3
15	1	3
16	3	2
17	1	4
18	2	2
19	3	3
20	6	3
21	2	4
22	6	4
23	1	4
24	6	3
$\bar{X}$	3.67	3.29
SD	1.79	0.75

จากตารางที่ 4-5 แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 ของนักเรียนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน และนักเรียนมีคะแนนในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 คะแนน จะเห็นได้ว่านักเรียนทำคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 ในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ต่ำกว่าคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 2 (4.42 คะแนน) ซึ่งอาจเป็นเพราะเนื้อหาที่ใช้ในการสอนในวงจรนี้มีความแตกต่างจากวงจรที่ 1 และ 2 เนื่องจากในเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์) และเรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (เอมีนและเอไมด์) นักเรียนจะต้องพิจารณาความเป็นกรด-เบสของสารแต่ละประเภท และในเรื่องของปฏิกิริยาต่าง ๆ ก็จะมีค่าแตกต่างกับเนื้อหาที่เรียนไปก่อนหน้านี้ เป็นปฏิกิริยาใหม่ ๆ ที่นักเรียนไม่เคยเรียนมาก่อน ประกอบกับเนื้อหาที่มีความลึกซึ้งมากกว่าเดิม ทำให้นักเรียนต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจมากขึ้น

ในส่วนของแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 3 ด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 คะแนน จากคะแนนเต็ม 4 ซึ่งสูงกว่าคะแนนในแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่ 1 (2.58 คะแนน) และวงจรที่ 2 (3.13 คะแนน) ตามลำดับ ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนสามารถจับประเด็นของคำถามในแต่ละด้านของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ และเมื่อนักเรียนพิจารณาบทความที่กำหนดให้ นักเรียนก็จะรู้ถึงประเด็นที่จะต้องตอบ นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถทำแบบทดสอบได้เสร็จก่อนเวลาที่กำหนด ซึ่งก่อนหน้านี้นักเรียนจะใช้เวลาในการทำแบบทดสอบจนหมดเวลา

เมื่อพิจารณาเป็นภาพรวมพบว่า จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ได้คะแนนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูง แต่คะแนนด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณค่อนข้างน้อย มีจำนวนลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับวงจรที่ 1 และ 2 อาจเป็นเพราะนักเรียนสามารถจับประเด็นหลักของเรื่องได้ และเข้าใจในกระบวนการของการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นอย่างดี ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นในทุกวงจร ส่วนกลุ่มของนักเรียนที่ได้คะแนนด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนค่อนข้างน้อย แต่คะแนนด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูง ยังคงมีอยู่ อาจเนื่องมาจากเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวงจรนี้มีลักษณะที่แตกต่างไปจากเนื้อหาในวงจรที่ 1 และ 2 ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้สมบัติทางกายภาพและกลไกการเกิดปฏิกิริยาใหม่ ๆ จึงทำให้นักเรียนต้องใช้เวลาในการเรียนรู้มากกว่าเดิม ส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลดลงเล็กน้อยจากวงจรที่ 2

4. การสะท้อนผล (Reflect) ผู้วิจัยและนักเรียนร่วมกันสรุปผลที่เกิดขึ้นจากการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง

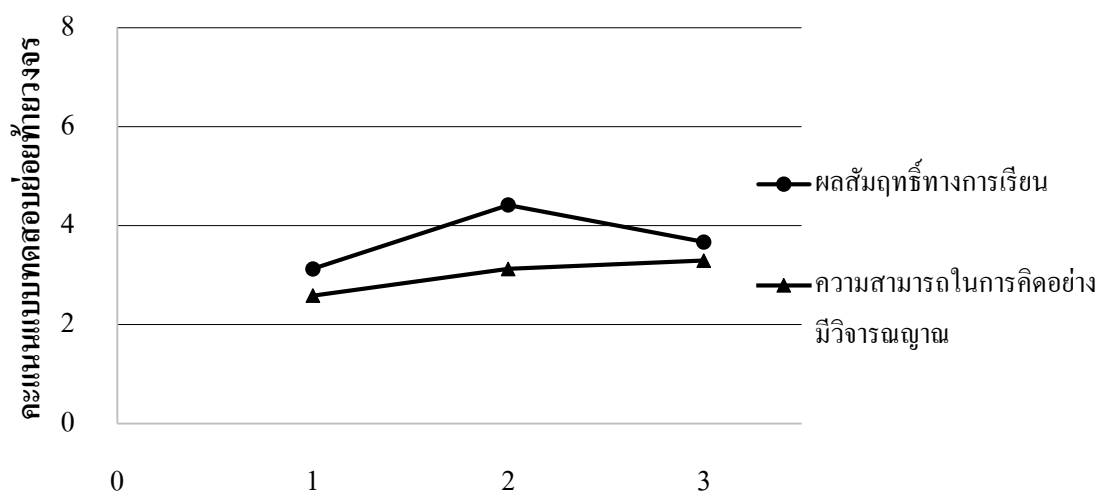
เคมีอินทรีย์ แผนที่ 5 และ 6 พบว่า การปรับปรุงแผนที่ใช้ในการสอนในวงจรที่ 2 ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ สามารถพิจารณาประเด็นคำถามแล้วตัดสินใจเลือกคำตอบข้อที่ถูกต้องที่สุดได้อย่างมีเหตุผลมากขึ้น ซึ่งเห็นได้จากแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรที่มีคะแนนเฉลี่ยในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นเรื่อย ๆ จากวงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3

จากที่ได้นำเสนอข้อมูลทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยสามารถสรุป และนำเสนอภาพรวมพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ดังนี้

ตารางที่ 4-6 คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรหลังการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3

คะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร	วงจร			$\bar{X}$	SD
	1	2	3		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (10)	3.13	4.42	3.67	3.74	0.34
ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (4)	2.58	3.13	3.29	3.00	0.13

จากข้อมูลในตารางที่ 4-6 ซึ่งแสดงคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรทั้งทางด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ จากวงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3 และนำเสนอภาพรวมพัฒนาการเป็นกราฟดังแสดงในภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงระดับคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3

จากข้อมูลในตารางที่ 4-6 และภาพที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในแต่ละวงจรแตกต่างกันเล็กน้อย โดยวงจรที่มีคะแนนมากที่สุดคือวงจรที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 4.42 คะแนน รองลงมาคือวงจรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 3.67 คะแนนและวงจรที่มีคะแนนน้อยที่สุดคือวงจรที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 3.13 คะแนน

ส่วนคะแนนแบบทดสอบย่อยท้ายวงจรในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในวงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3 เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยวงจรที่มีคะแนนมากที่สุดคือวงจรที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 3.29 คะแนน รองลงมาคือ วงจรที่ 2 มีคะแนนเฉลี่ย 3.13 คะแนน และวงจรที่มีคะแนนน้อยที่สุด คือ วงจรที่ 1 มีคะแนนเฉลี่ย 2.58 คะแนน



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Action research) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องเคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งกลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย ชลบุรี จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณเรื่อง เคมีอินทรีย์ จำนวน 6 แผน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง .20-.80 มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .20-.70 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .88 และ 3) แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 12 ข้อ มีค่าความยากง่าย (p) อยู่ระหว่าง .28-.72 มีค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง .22-.56 และมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .78 ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนกับกลุ่มเป้าหมาย ซึ่งแบบทดสอบที่ใช้เป็นแบบทดสอบชุดเดียวกัน นอกจากนี้ยังมีการเก็บข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบย่อยท้ายวงจร ซึ่งอยู่ท้ายแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อดูพัฒนาการของนักเรียนตลอดระยะเวลาที่ดำเนินการจัดการเรียนการสอน โดยสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์พัฒนาการสัมพัทธ์

#### สรุปผลการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องเคมีอินทรีย์ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 34.50 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่องเคมีอินทรีย์ ส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นร้อยละ 47.33 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง

## อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิचारณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิचारณญาณ สามารถอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิचारณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 34.50 อาจเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิचारณญาณ มีลักษณะที่ทำให้ นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ฝึกคิด สังเกต และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยมีครูช่วยย้่าคำชี้แนะ นอกจากนี้ยังส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเองและร่วมแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในประเด็นต่าง ๆ มากขึ้น โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิचारณญาณ มีกระบวนการในการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูนำเข้าสู่บทเรียน โดยใช้เรื่องราวที่น่าสนใจที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ใช้คำถาม วิดีโอ รูปภาพ รวมทั้งการทดลอง เช่น ครูสุ่มนักเรียนให้ออกมาทำการทดลอง โดยให้นักเรียนผสมสาร 2 ชนิด แล้วปรากฏว่าเกิดควันขึ้นมา จากนั้นครูถามนักเรียนว่าทำไมถึงมีควันเกิดขึ้น นักเรียนคิดว่าเกิดจากอะไร เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย กระตุ้นให้นักเรียนเกิดคำถามและสนใจที่จะเรียนรู้ รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ทำให้นักเรียนกล้าแสดงออกมากขึ้น รู้สึกผ่อนคลาย ไม่เครียดจนเกินไป ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ โรเจอร์สที่กล่าวว่า มนุษย์จะสามารถพัฒนาตนเองได้ดีหากอยู่ในสภาพที่ผ่อนคลายเป็นอิสระ ซึ่งบรรยากาศการเรียนรู้ที่ผ่อนคลายและเอื้อต่อการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี (ทิสนา แคมมณี, 2545, หน้า 19) นอกจากนี้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนยังทำให้นักเรียนเห็นความสำคัญของสิ่งที่จะได้เรียนรู้ต่อไป

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ศึกษาสิ่งที่จะเรียนอย่างถ่องแท้ โดยการสำรวจ ค้นหา เพื่อให้ได้ข้อมูลมา แล้วนำมาวิเคราะห์ภายในกลุ่มของตนเอง ตั้งแต่การศึกษาข้อมูล ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองร่วมกันอย่างมีระบบ เป็นไปตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูจะแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม แล้วให้นักเรียนร่วมกันวางแผน ออกแบบการทดลอง และทำการทดลองด้วยตนเอง จากนั้นสังเกตผลที่เกิดขึ้น แล้วอธิบายและสรุปผลการทดลองร่วมกัน โดยมีครูเป็นผู้คอยกระตุ้นให้นักเรียนสังเกต และตั้งคำถามจากสิ่งทีพบเห็นว่า เกิดขึ้นมาได้อย่างไร เพราะอะไร ซึ่งขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้ฝึกเรียนรู้ด้วยตนเอง

สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างสรรค์ความรู้ด้วยปัญญา (Constructivism) ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมี การเชื่อมโยงความรู้ใหม่ ที่เกิดขึ้นกับความรู้เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้ว การสร้างองค์ความรู้ใหม่ของนักเรียนอาจได้จากการดำเนินกิจกรรมการสอนที่ให้นักเรียนศึกษา ค้นคว้า ทดลอง ระดมสมอง และศึกษาไปความรู้ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 13) ซึ่งการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวส่งผลให้นักเรียน มีความรู้ที่คงทน เนื่องจากนักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติจริงเป็นการเรียนจากประสบการณ์ตรง นักเรียน ได้ทดลองทำ เสาะหาความรู้ จัดระเบียบข้อมูล พิจารณาหาข้อสรุป ค้นคว้าหาวิธีการและ กระบวนการเรียนรู้ด้วยตนเอง เน้นให้นักเรียนมีอิสระในการศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองได้ด้วยความมั่นใจ ซึ่งเป็นไปตามการเรียนรู้แบบ Learning by doing ของจอห์น ดิวอี้ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 96) นอกจากนี้นักเรียนยังได้แลกเปลี่ยนความรู้ภายในกลุ่มเดียวกันทำให้นักเรียนได้ร่วม แสดงความคิดเห็นและรับฟังความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ แบบร่วมมือที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีความพยายามที่จะเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมาย ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น (ทิสนา แจมมณี และคณะ, 2544, หน้า 101)

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ได้จาก ขั้นสำรวจและค้นหาวิเคราะห์ สรุป และอภิปราย พร้อมทั้งนำเสนอผลงานกลุ่มของตนเอง เพื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มอื่น ๆ โดยสุดท้ายครูและนักเรียนจะร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการทดลอง ที่เกิดขึ้นอีกครั้ง รวมทั้งร่วมกันให้ข้อเสนอแนะรูปแบบการนำเสนอของแต่ละกลุ่ม เพื่อเป็น แนวทางในการนำเสนอในครั้งต่อไป โดยขั้นนี้ นักเรียนจะได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น ความรู้ และประสบการณ์เรียนรู้ร่วมกับผู้อื่น ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้ของนักเรียนกว้างขึ้น ชับซ้อนขึ้น และหลากหลายขึ้น (สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษา ขั้นพื้นฐาน, 2549, หน้า 7) นอกจากนี้นักเรียนยังได้ฝึกการทำงานเป็นกลุ่ม การอภิปรายและ การตัดสินใจร่วมกัน ซึ่งการกระทำดังกล่าวจะทำให้ นักเรียนเข้าใจในประเด็นต่าง ๆ มากขึ้น จากนั้นครูเพิ่มเติมในประเด็นที่สำคัญและประเด็นที่ยังไม่ครอบคลุม

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนจะได้นำความรู้ที่เรียนมาหรือ องค์ความรู้ที่สร้างขึ้นไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่และในชีวิตประจำวัน ซึ่งการเรียนรู้ที่ สามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ได้จริงจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยที่นักเรียนเป็นผู้ค้นพบ ความรู้ด้วยตนเองจะทำให้ นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ชัดเจนและเป็นการเรียนรู้ที่คงทน รวมทั้งได้ สร้างกระบวนการเรียนรู้ที่สามารถใช้เป็นเครื่องมือติดตัวนักเรียนไป เพื่อใช้ในการแสวงหาความรู้ และคำตอบอื่น ๆ ที่ตนเองต้องการเรียนรู้ในโอกาสต่อไป (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 60) ส่งผลให้นักเรียนมีความรู้ที่กว้างขึ้น และเห็นความสำคัญของการเรียนรู้มากขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัย

ยังได้นำการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาแทรกไว้ในขั้นนี้ ซึ่งนักเรียนจะได้พิจารณาบทความและฝึกคิดตามกระบวนการของการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้ง 4 ด้าน

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นประเมินความเข้าใจของนักเรียนจากสิ่งที่เรียนไปทั้งหมด โดยให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดรวมทั้งแบบทดสอบทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพื่อนำผลการประเมินที่ได้ไปเป็นแนวทางในการปรับปรุง

จากผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 34.50 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สันหวัช สอนท่า โภ (2550) ที่ศึกษา การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเท่ากับ 33.15 ซึ่งสูงกว่าค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนที่มีค่าเท่ากับ 22.33 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีดังกล่าวทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเมื่อคิดเป็นคะแนนพัฒนาการพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นร้อยละ 28.72 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่านักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงคะแนนพัฒนาการพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจาก เนื้อหาเรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่ใช้ในการเรียนการสอนเป็นเรื่องใหม่ที่นักเรียนต้องเรียนรู้ มีเนื้อหาเยอะ และมีความลึกซึ้ง ทำให้นักเรียนต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และทบทวนเนื้อหามากขึ้น ทั้งยังเป็นเรื่องที่นักเรียนไม่เคยเรียนมาก่อน เพราะเคมีอินทรีย์ไม่ได้ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานในเนื้อหาอื่น ๆ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำให้นักเรียนไม่เข้าใจหรือไม่มีแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ (ชนัญฐา คงทน, 2557) รวมทั้งนักเรียนส่วนใหญ่มีความสับสน นำไปสู่การอธิบายเหตุผลที่ไม่ถูกต้อง (วิภารัตน์ เสนาผล, 2555)

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นรายด้าน พบว่า ด้านความรู้-จำ มีคะแนนพัฒนาการสูงสุด (ร้อยละ 42.71) รองลงมาเป็นด้านการนำไปใช้ (ร้อยละ 37.50) ด้านความเข้าใจ (ร้อยละ 36.73) ด้านการวิเคราะห์ (ร้อยละ 35.97) ด้านการสังเคราะห์ (ร้อยละ 22.92) และด้านการประเมินค่า (ร้อยละ 14.58) ตามลำดับ ซึ่งเป็นไปตามจุดมุ่งหมายทางด้านพุทธิพิสัยของบลูม 6 ด้าน ที่ความรู้ในระดับต่ำจะพัฒนาได้ง่ายกว่าความรู้ในระดับสูงโดยนักเรียนจะค่อย ๆ เรียนรู้จากระดับต่ำสุดพัฒนาขึ้นไปสู่ระดับสูง เช่น ในระดับความรู้หรือความจำเป็นทักษะง่ายสุดที่จะเป็นพื้นฐานสำหรับการคิดในระดับที่สลับซับซ้อนขึ้น (สันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ, 2544,

หน้า 97-98) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นราวดี จ้อยรุ่ง (2559) ที่ศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยาและทักษะกระบวนการกลุ่มของนักเรียนสายวิทยาศาสตร์พิเศษ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านความรู้-จำ สูงที่สุด (ร้อยละ 72.42) รองลงมาเป็นด้านการนำไปใช้ (ร้อยละ 61.29) ด้านความเข้าใจ (ร้อยละ 56.98) และด้านการวิเคราะห์ (ร้อยละ 52.68) ตามลำดับ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรมน วิริยะธรรม (2559) ที่ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับเทคนิค KWDL ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในด้านการสังเคราะห์ (ร้อยละ 51.02) สูงกว่าด้านการประเมินค่า (ร้อยละ 40.82)

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณส่งผลให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นร้อยละ 47.33 ทั้งนี้เนื่องจากในขั้นที่ 4 ของการจัดการเรียนรู้คือขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนจะได้เรียนรู้ในสถานการณ์ใหม่ผ่านกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยนักเรียนจะได้ศึกษาเอกสารเป็นกลุ่ม ร่วมกันแสดงความคิดเห็นและตัดสินใจอย่างมีเหตุผล ฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ มีการคิดใคร่ครวญ ได้ตรงอย่างมีเหตุมีผล ตลอดจนนำไปสู่การตัดสินใจได้อย่างสมเหตุสมผลมากที่สุด โดยอยู่ในขอบเขตของกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ 4 ด้าน คือ 1) ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ 2) ด้านการรวบรวมข้อมูล 3) ด้านการประมวลผลข้อมูล และ 4) ด้านการลงข้อสรุป ซึ่งจากกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณนักเรียนจะได้ร่วมกันอ่านบทความเป็นกลุ่ม ซึ่งการจัดให้นักเรียนเรียนเป็นกลุ่มจะช่วยกระตุ้นให้ทุกคนในกลุ่มได้มีโอกาสสื่อสาร อภิปราย เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้กัน และสร้างองค์ความรู้ร่วมกัน ซึ่งเหล่านี้เป็นวิธีที่ดีที่สุดที่จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (ไพฑูริย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2558, หน้า 84) โดยจะเริ่มตั้งแต่การระบุประเด็นที่สำคัญหรือจุดเด่นของบทความนั้น ๆ จากนั้นคำนึงถึงความเหมือน ความแตกต่างของข้อมูล รวมทั้งความเกี่ยวข้องหรือไม่เกี่ยวข้อง แล้วจัดระบบข้อมูลเพื่อพิจารณาถึงความจริงหรือไม่จริง มีความน่าเชื่อถือหรือไม่น่าเชื่อถือได้อย่างมีเหตุผล ตลอดจนสามารถลงข้อสรุปได้อย่างสมเหตุสมผลมากที่สุด นอกจากนี้นักเรียนยังได้แลกเปลี่ยนความรู้ ความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ซึ่งจะให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้ที่หลากหลาย แต่สุดท้ายนักเรียนก็ต้องตัดสินใจร่วมกันอย่างมีเหตุผลมากที่สุด ซึ่งการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น การอภิปรายข้อเท็จจริง จนนำไปสู่การตัดสินใจร่วมกัน จะทำให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณขึ้น และหากได้ฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ จะทำให้พัฒนาเป็นนิสัยประจำตนได้ (ไพฑูริย์ สินลารัตน์ และคณะ, 2558, หน้า 86)

จากผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นร้อยละ 47.33 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ทศน์วรรณ ประจันตะเสน (2551) ที่ศึกษาผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เรื่องสารในชีวิตประจำวัน โดยมีการแทรกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณลงในขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ทั้ง 5 ขั้น จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเมื่อคิดเป็นคะแนนพัฒนาการพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นร้อยละ 46.22 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง ทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรนนท์ วงศ์ก้อม (2552) ที่ศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่องสมบัติและการจำแนกสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E) และมีการสอดแทรกกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณลงในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบดังกล่าว ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเมื่อคิดเป็นคะแนนพัฒนาการพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นร้อยละ 41.35 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ ธวัช ยะสุคำ (2555) ซึ่งศึกษา การพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยมีการแทรกทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณเข้าไปในขั้นขยายความรู้ของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียน ( $\bar{X} = 28.68$ ) สูงกว่าก่อนเรียน ( $\bar{X} = 23.56$ ) ซึ่งเมื่อคิดเป็นคะแนนพัฒนาการพบว่า นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้นร้อยละ 31.14 ซึ่งมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง

อย่างไรก็ตาม ถึงแม้ว่านักเรียนจะมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่สูงขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงคะแนนพัฒนาการพบว่า นักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง อาจเนื่องมาจากการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นทักษะการคิดขั้นสูงที่จำเป็นต้องใช้เวลาในการพัฒนา จำเป็นต้องมีการสะสมประสบการณ์ทีละน้อย ไม่ใช่เกิดขึ้นภายในระยะเวลาอันสั้น (คันสนีย์ นัทรคุปต์ และอุษา ชูชาติ, 2544, หน้า 86) นอกจากนี้การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณยังต้องอาศัยการฝึกทั้งทักษะการคิดพื้นฐานและทักษะกระบวนการคิดอย่างเพียงพอ โดยการฝึกฝนจะช่วยให้เด็กเกิดความชำนาญในการคิด และมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้อย่างแท้จริง (ทิสนา แคมมณี และคณะ, 2544, หน้า 154)

เมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นรายด้านพบว่า ด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ (ร้อยละ 56.25) มีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูง อาจเนื่องมาจากด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์เป็นกระบวนการแรกที่นักเรียนจะสามารถหาคำตอบได้เมื่อพิจารณาบทความ นักเรียนสามารถสังเกตได้จากรูปภาพหรือปฏิกิริยาเคมีที่พบในบทความ ทำให้สามารถหาคำตอบได้ไม่ยาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สิริมา ใจเที่ยง (2557) ที่ศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E ในวิชาเคมีที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กรณีศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเนินทรายวิทยาคม จังหวัดตราด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณด้านการเข้าใจปัญหาหรือสถานการณ์ค่อนข้างสูง ซึ่งมีค่าเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 74.15 ส่วนด้านการรวบรวมข้อมูล (ร้อยละ 43.06) ด้านการประมวลผลข้อมูล (ร้อยละ 40.28) และด้านการลงข้อสรุป (ร้อยละ 50.00) มีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง เพราะเป็นด้านที่ต้องใช้เวลาในการทำความเข้าใจ เนื่องจากข้อคำถามและตัวเลือกต้องอาศัยข้อมูลที่เพียงพอ และน่าเชื่อถือมากที่สุดในการตัดสินใจ ทั้งยังต้องผ่านกระบวนการรวบรวมข้อมูล และประมวลผลข้อมูลเพื่อนำไปสู่การลงข้อสรุป ซึ่งเป็นเหตุทำให้คะแนนพัฒนาการในด้านดังกล่าวอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ จิรนนท์ วงศ์ก้อม (2552) ที่ศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สมบัติและการจำแนกสาร โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านการรวบรวมข้อมูล และด้านการประมวลผลข้อมูล มีพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 อาจมีการเพิ่มระยะเวลาในการทำวิจัยให้มากขึ้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้เวลาทั้งหมด 22 คาบ ซึ่งยังไม่เพียงพอในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้อยู่ในระดับสูงได้ เนื่องจากความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณเป็นความคิดในระดับสูงซึ่งจำเป็นต้องใช้เวลาในการเรียนรู้และพัฒนา

1.2 บทความที่ใช้ในการฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณไม่ควรจะมีเนื้อหาที่สั้นหรือยาวจนเกินไป เนื่องจากจะทำให้ให้นักเรียนทำแบบทดสอบได้ไม่เต็มศักยภาพ

### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์ สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถ

ในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ ดังนั้นครูสามารถนำการจัด การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ไปใช้ในวิชาวิทยาศาสตร์ หรือวิชาที่มีธรรมชาติใกล้เคียงกันได้

2.2 ในด้านความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ อาจมีการปรับใช้บทความ หรือสถานการณ์ที่อิงเนื้อหาในเรื่อง เคมีอินทรีย์ หรือเรื่องอื่นที่มีธรรมชาติใกล้เคียงกัน เพื่อให้ นักเรียนสามารถพัฒนาทั้งในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณไปในทิศทางเดียวกัน

2.3 อาจมีการเพิ่มกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณให้มากขึ้นตามความเหมาะสม และสอดคล้องกับสภาพแวดล้อมของนักเรียนหรือจุดประสงค์ที่ต้องการวัด

2.4 อาจมีการปรับข้อคำถามที่ใช้ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณให้มีทั้งแบบปรนัยและแบบอัตนัย เพื่อให้ให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในหลาย ๆ รูปแบบ

2.5 อาจมีการแทรกกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณลงในทุกขั้นของการจัด การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E)



## บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*.  
กรุงเทพฯ: ชุมชนุสสทกรณการเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้  
วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ:  
ชุมชนุสสทกรณการเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ “ฉบับใช้งานที่สมบูรณ์ 5 ปี”  
(พิมพ์ครั้งที่ 2)*. กรุงเทพฯ: สุตรไพศาล.
- กลุ่มงานหลักสูตรและนิเทศการศึกษา. (2557). *หลักสูตร โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคระดับชั้น  
มัธยมศึกษาตอนปลาย พุทธศักราช 2554 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2557)*. ม.ป.ท.
- จิรนนท์ วงศ์ก้อม. (2552). *ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สมบัติและการจำแนกสาร ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 1 จัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry cycle).*  
วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย,  
มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ชนาธิป พรกุล. (2545). *แคล์: รูปแบบการจัดการเรียนการสอนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (พิมพ์ครั้งที่ 2)*.  
กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชนินทร์ชัย อินทราภรณ์ และสุวิทย์ หิรัณยกานนท์. (2548). *ปทานุกรมศัพท์การศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 2)*.  
กรุงเทพฯ: ไร่ไทยเพรส.
- ชวลิต ชุกกำแพง. (2550). *การประเมินการเรียนรู้*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชวาล แพรัตกุล. (2509). *เทคนิคการวัดผล (พิมพ์ครั้งที่ 4)*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ:  
แดนเนกซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). *การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง*. นนทบุรี: สหมิตรพรีนติ้งแอนด์พับลิชชิง.
- ฐาปนะพงษ์ ทะนันชัย. (ม.ป.ป.). *กระบวนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมทักษะ  
การเรียนรู้ของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. ม.ป.ท.

- จิตติมา กาลวิบูลย์. (2555). *การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้กระบวนการวิจัยปฏิบัติการรูปแบบวงจรลำดับเวลาของเจมส์ แมคเคอร์แนน (James McKernan)*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ณรงค์ โพธิ์พุกยานันท์. (2550). *ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 6)*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ณัฐกาญจน์ เตชะเทพ. (2558). *การศึกษามุมมองธรรมชาติวิทยาศาสตร์การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบขัดแย้งและการสะท้อนคิด*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ทัศน์วรรณ ประจันตะเสน. (2551). *ผลการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ทิสนา แยมมณี, ศิริชัย กาญจนวาที, พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์, ศรีนคร วิฑะสิรินันท์, นวลจิตต์ เขาวีรดิพงษ์ และปัทมศิริ ชีรานุรักษ์. (2544). *วิทยาการด้านการคิด*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ทิสนา แยมมณี. (2545). *กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนา และปัญหาข้อใจ*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ทิสนา แยมมณี. (2547). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 3)*. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.
- ธัญญา คงทน. (2557). *การพัฒนาแนวคิด เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมีศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ธวัช ยะสุคำ. (2555). *การพัฒนาทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง อัตรากาเกิดปฏิกิริยาเคมี*. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 14(2), 23-33.
- นพเก้า ณ พัทลุง. (2548). *การวิจัยในชั้นเรียน: หลักการและแนวคิดสู่ปฏิบัติ*. สงขลา: การกิจเอกสารและตำรา กลุ่มงานบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณ.

- นพเก้า ฅ พัทลุง. (2551). *เทคนิคการวิจัยในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). สงขลา: เหมการพิมพ์สงขลา.
- นราวดี ช้อยรุ่ง. (2559). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและทักษะกระบวนการกลุ่มของนักเรียนสายวิทยาศาสตร์พิเศษ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค TGT*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- นิจสุดา อภินันทาภรณ์. (2555). *วรรณคดีไทย: ทำอย่างไรให้เด็กเกิดการเรียนรู้*. *วารสารวิชาการ*, 15(2), 2-11.
- บรรจง อมรชีวิน. (2556). *การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking)*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). *การพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: 9119 เทคนิคพรินต์ติ้ง.
- ประสาธต เนื่องเฉลิม. (2550). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะ 7 ชั้น*. *วารสารวิชาการ*, 10(4), 25-30.
- พรธณี ลีกิจวัฒน์. (2553). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พวงเพชร เกตุวีระพงศ์. (2552). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและสถิติการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พัทธรณ วิริยะธรรม. (2559). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7E ร่วมกับเทคนิค KWDL*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธี และเทคนิคการสอน*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- ไพฑูริย์ สีนลารัตน์, สุมณ อมรวิวัฒน์, ทิศนา เขมมณี, สิริภักตร์ ศิริโท, ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, สรเนตร อารีโสภณพิเชฐ, อุทัย ดุลยเกษม, พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์ และพรธณี เกษกมล. (2558). *ศาสตร์การคิด*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.
- ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง)* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

- มนัสนันท์ ศรีสาพันธ์. (2555). การวิจัยเชิงปฏิบัติการพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้  
 วงจรการเรียนรู้ 5E สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนกีฬา  
 จังหวัดอุบลราชธานี. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและประเมินผล  
 การศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.
- แมนชัย สมนึก. (2551). การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง โมล  
 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเรณูนครวิทยานุกูล สำนักงานเขตพื้นที่  
 การศึกษานครพนมเขต 1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตร  
 และการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร.
- ยุทธ ไถยวรรณ. (2552). ออกแบบเครื่องมือวิจัย. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- เขาวดี วัฒนชัยศรี. (2548). การวัดผลและการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ:  
 โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2551). พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์อักษร A-L ฉบับราชบัณฑิตยสถาน.  
 กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- รุ่งทิพย์ ศศิธร. (2554). การเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบร่วมมือ  
 ร่วมกับชุดการเรียนรู้แบบ 5E. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา  
 วิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้ (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ:  
 สุวีริยาสาส์น.
- ลักขณา ศรีวัฒน์. (2549). การคิด. กรุงเทพฯ: โอเดียนส โตร์.
- วรรณดี สุทธิรินากร. (2556). การวิจัยเชิงปฏิบัติการ: การวิจัยเพื่อเสริภาพและการสรรค์สร้าง.  
 กรุงเทพฯ: สยามปริทัศน์.
- วารภรณ์ ศรีวิโรจน์. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนเรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์แบบเน้น  
 การบูรณาการการฝึกอบรมกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และการเรียนรู้แบบร่วมมือ  
 เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย  
 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 16(3), 1-13.
- วัชร เล่าเรียนดี. (2553). รูปแบบและกลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิด (พิมพ์ครั้งที่ 5).  
 นครปฐม: โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์.
- วารุณี จังตระกุล. (2550). ผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
 ในวิชาวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา,  
 บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- วิภารัตน์ เสนาผล. (2555). *การพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง เคมีอินทรีย์ โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะ*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชา วิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- วีระ สุดสังข์. (2550). *การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วีระยุทธ ชาคะกาญจน์. (2557). *การวิจัยเพื่อพัฒนาการบริหารการศึกษา*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วีระยุทธ ชาคะกาญจน์. (2558). *วิจัยเชิงปฏิบัติการ*. วารสารราชภัฏสุราษฎร์ธานี, 2(1), 29-49.
- ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- ศันสนีย์ ฉัตรคุปต์ และอุษา ชูชาติ. (2544). *ฝึกสมองให้คิดอย่างมีวิจารณญาณ*. กรุงเทพฯ: สำนักงาน คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- ศิริกาญจน์ โกสุมภ์ และดารณี คำวังนัง. (2551). *สอนเด็กให้คิดเป็น*. นนทบุรี: เกรท เอ็ดดูเคชั่น.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนา กระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีพวิทยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. เข้าถึงได้จาก <http://biology.ipst.ac.th/?p=688>
- สมนึก ภัททิยธนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กทม: ประสานการพิมพ์.
- สมบัติ การจนารักพงศ์. (2549). *เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาทักษะการ คิดขั้นสูง: กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ชารอักษร.
- สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สมโภชน์ อเนกสุข. (2556). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 6). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สันทวี สอนท่าโก. (2550). *การคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่เรียนวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้โดยเสริมกิจกรรมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน). (2549). *มาตรฐาน การศึกษา ตัวบ่งชี้ และเกณฑ์การพิจารณาเพื่อประเมินคุณภาพภายนอก ระดับ การศึกษาขั้นพื้นฐาน: ประถมและมัธยมศึกษา รอบที่ 2* (พ.ศ. 2549-2553). ม.ป.ท.

- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2549).  
 รายงานการสังเคราะห์แนวคิดและวิธีจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมทักษะการคิด  
 วิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง  
 ประเทศไทย.
- สิริมา ใจเที่ยง. (2557). ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E ในวิชาเคมี ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทาง  
 การเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะกระบวนการทาง  
 วิทยาศาสตร์ กรณีศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเนินทรายวิทยาคม  
 จังหวัดตราด. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน,  
 คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุคนธ์ สินธพานนท์, วรรัตน์ วรรณเลิศลักษณ์ และพรณี สินธพานนท์. (2551). พัฒนาทักษะ  
 การคิด...พิชิตการสอน (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: เลียงเชียง.
- สุธี ผลดี และศักดิ์ศรี สุภษาธ. (2554). การเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง กรด-เบส ด้วยชุด  
 การเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน. วารสารวิจัย มข,  
 1(2), 45-66.
- สุนีย์ คล้ายนิล. (2555). การศึกษาวิทยาศาสตร์ไทย: การพัฒนาและภาวะถดถอย. กรุงเทพฯ:  
 แอดวานส์ปริ้นติ้งเซอร์วิส.
- สุพลา ทองแป้น. (2552). ผลของการใช้วิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถาม  
 ต่อความสามารถด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์  
 ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชา  
 หลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- สุรางค์ ไคว์ตระกูล. (2554). จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์  
 แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ, ประภาพรรณ เสี่ยงวงศ์, สมถวิล รัตนมาลัย, สายพิน ทองสว่าง, มาลี ชัยมณี,  
 มุกดา ลอนใหม่, แชนภา พุ่มพวง, ลัดดา เทียนทอง และวันเพ็ญ วัฒนาผล. (2554).  
 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการคิด. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2554). การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์  
 แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- หวานใจ โบบทอง, (2559, 10 กุมภาพันธ์). สัมภาษณ์.
- องอาจ นัยพัฒน์. (2548). วิธีวิทยาการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพทางพฤติกรรมศาสตร์  
 และสังคมศาสตร์. กรุงเทพฯ: สามลดา.

- อภิรดี สุขมิลินท์. (2554). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ รายวิชาเคมีสิ่งแวดล้อม ของนักเรียนชั้นปีที่ 3 โดยใช้กระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเคมี, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.*
- อารีย์ วชิรวราการ. (2542). *การวัดและการประเมินผลการเรียน. สมุทรปราการ: สถาบันราชภัฏธนบุรี.*
- อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์. (2555 ก). *การพัฒนาทักษะความคิดระดับสูง. นครปฐม: ไอ. คิว. บู้คเซ็นเตอร์.*
- อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์. (2555 ข). *ทักษะความคิด: พัฒนาอย่างไร. กรุงเทพฯ: อินทร์ณน.*
- Bybee, R. W., Taylor, J.S., Gardner, A., Scotter, P.V., Powell, J.C., Westbrook, A., & Landes, N. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness.* Colorado Springs: BSCS.
- Ennis, R. H. (1985). A logical basis for measuring critical thinking skills. *Education Leadership, 43*(2), 44-48.
- Good, C. V. (1973). *Dictionary of education.* New York: McGraw-Hill.
- Mcdonald, D. M. (2004). *Teaching for scientific understanding a study of effects of two methods.* Master's thesis, Department of Curriculum, Teaching, and Learning, Faculty of Education, University of Manitoba.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning.* Washington, DC: National Academy Press.
- Qing, Z., Jing, G., & Yan, W. (2010). Promoting preservice teachers' critical thinking skills by inquiry-based chemical experiment. *Journal of procedia social and behavioral sciences, 2,* 4597-4603.

ภาคผนวก



#### ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- |  |   |
|--|---|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน | อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้<br>คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา                                     |
| 2. อาจารย์ ดร.สมศิริ สิงห์หลพ          | อาจารย์โรงเรียนสาธิต “พิบูลบำเพ็ญ”<br>มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี                             |
| 3. อาจารย์หวานใจ โบบทอง                | ครูชำนาญการ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย<br>ชลบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)<br>อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี |
| 4. อาจารย์อัญมณี พุทธมงคล              | ครูชำนาญการ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย<br>ชลบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)<br>อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี |
| 5. อาจารย์ศิริพร นันทชัย               | ครู โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี<br>(โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค)<br>อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี         |

(สำเนา)

ที่ ศธ ๖๒๑๘/ว. ๕๓๒

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
๑๖๕ ถ.กลางบางแสน ต.แสนสุข  
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๒ ธันวาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย  
เรียน

สิ่งที่ส่งมาด้วย แก้วโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวพิไลวรรณ พรรณขาม นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณเรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธุ์พุกษา ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๕-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๕

โทรสาร ๐-๓๘๓๕-๓๔๘๕

ผู้วิจัย ๐๘๒-๑๔๕๐๕๔๑

(สำเนา)

ที่ ศธ ๖๒๑๘/ ๕๑

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
๑๖๕ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข  
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๐ มกราคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวพิไลวรรณ พรรณขาม นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณเรื่อง เคมีอินทรีย์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธุ์พุกษา ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ จำนวน ๒๔ คน โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ ๑๒ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๐-๓ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๐ อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ รักษาการแทน

ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๕-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๕

โทรสาร ๐-๓๘๓๕-๓๔๘๕

ผู้วิจัย ๐๘๒-๑๔๕๐๕๔๑

(สำเนา)

ที่ ศธ ๖๒๑๘/ ๕๒

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา  
๑๖๕ ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข  
อ.เมือง จ.ชลบุรี ๒๐๑๓๑

๑๐ มกราคม ๒๕๖๐

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน ๑ ชุด

ด้วยนางสาวพิไลวรรณ พรรณขาม นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษา  
มหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง  
“ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (๕E) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณเรื่อง เคมีอินทรีย์  
ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.กิตติมา พันธุ์พุกญา ประธานกรรมการ  
มีความประสงค์ขออำนาจความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕  
จำนวน ๒๔ คน โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ ๖ กุมภาพันธ์  
พ.ศ. ๒๕๖๐ ถึงวันที่ ๒๔ กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๖๐ อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณา  
ทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า  
คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เศรษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ รักษาการแทน

ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ ๐-๓๘๓๕-๓๔๘๖, ๐-๓๘๑๐-๒๐๖๕

โทรสาร ๐-๓๘๓๕-๓๔๘๕

ผู้วิจัย ๐๘๒-๑๔๕๐๕๔๑

#### ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (SE) ที่เน้นการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง เคมีอินทรีย์
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ



## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

รายวิชา ว 30233 (อินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุล)	เวลาเรียน 4 คาบ (200 นาที)
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	ภาคเรียน/ปีการศึกษา 2/ 2559
เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจน	ครูผู้สอน นางสาวพิไลวรรณ พรรณขาม
เป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์)	

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหาว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายได้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

### 2. ผลการเรียนรู้

1. บอกความหมายและอธิบายปฏิกิริยาเคมีของสารอินทรีย์ พร้อมทั้งเขียนสมการเคมี แสดงปฏิกิริยา และกลไกของปฏิกิริยานั้น ๆ ได้
2. ทดลองและอธิบายปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์ และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ได้
3. ยกตัวอย่างสารอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันที่พบในธรรมชาติพร้อมทั้งบอกประโยชน์ และโทษของสารอินทรีย์ได้

### 3. สารสำคัญ

สารอินทรีย์ คือ สารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบร่วม เช่น ธาตุ H, O, N, และ P เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของสารอินทรีย์ได้ตามหมู่ฟังก์ชัน และแบ่งตามชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ คาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ เอมีนและเอไมด์ เป็นต้น

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์) ได้ (K)
2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวล โมเลกุลใกล้เคียงกันได้ (K)
3. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบได้ (K)
4. นักเรียนสามารถทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์ และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ (P)
5. นักเรียนมีระเบียบ รอบคอบ และมีความมุ่งมั่น อดทน (A)
6. นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

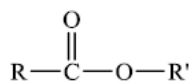
### 5. สารการเรียนรู้

สารอินทรีย์ คือ สารที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก และมีธาตุอื่น ๆ เป็นองค์ประกอบร่วม เช่น ธาตุ H, O, N, และ P เป็นต้น ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของสารอินทรีย์ได้ตามหมู่ฟังก์ชัน และแบ่งตามชนิดของธาตุที่เป็นองค์ประกอบ เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอน สารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ และสารที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ คาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ เอมีนและเอไมด์ เป็นต้น

กรดคาร์บอกซิลิก คือสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ที่ทำหน้าที่ มีสูตรทั่วไปเป็น  $\text{RCOOH}$  หรือ  $\text{RCO}_2\text{H}$  แบ่งตามชนิดของหมู่ที่สร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิลได้ 2 ชนิด คือ กรดคาร์บอกซิลิกชนิดแอลิฟาติก ซึ่งมีหมู่แอลคิลสร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิลและกรดคาร์บอกซิลิกชนิดอะโรมาติก ซึ่งมีหมู่แอริลสร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิล



เอสเทอร์ เป็นอนุพันธ์กรดคาร์บอกซิลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลของกรดคาร์บอกซิลิกถูกแทนที่ด้วยหมู่แอลคอกซี และเกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ในที่มีกรด โดยมีสูตรทั่วไป ดังนี้



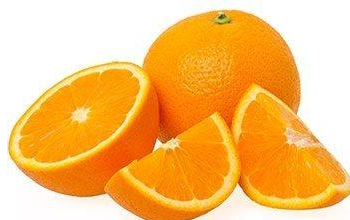
## 6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ความมีระเบียบและรอบคอบ
2. ความมุ่งมั่น อดทน
3. ความสนใจ ใฝ่รู้
4. ความมีเหตุผล

## 7. กระบวนการจัดการเรียนการสอน

### 1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

#### 1.1 ครูให้นักเรียนดูภาพต่อไปนี้



1.2 ครูถามนักเรียนว่า “จากภาพนักเรียนคิดว่าดอกไม้และผลไม้เหล่านี้มีกลิ่นที่เหมือนกันหรือไม่ และสามารถนำมาสกัดเป็นน้ำหอม หรือนำมาแต่งกลิ่นอาหารได้หรือไม่”

แนวคำตอบ: มีกลิ่น และสามารถนำมาสกัดเป็นน้ำหอมหรือแต่งกลิ่นอาหารได้

1.3 ครูถามนักเรียนต่อว่า “จากความรู้เรื่องหมู่ฟังก์ชันที่เรียนมา นักเรียนคิดว่า ดอกไม้และผลไม้ดังกล่าวเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทใด”

แนวคำตอบ: เป็นสารอินทรีย์ประเภทเอสเทอร์และมีหมู่แอลกอฮอล์คาร์บอนิล เป็นหมู่ฟังก์ชัน เนื่องจากเอสเทอร์เป็นสารที่มีกลิ่นหอม ซึ่งพบในผลไม้หรือดอกไม้ต่าง ๆ

1.4 ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่า “ถ้าในธรรมชาติมีดอกไม้หรือผลไม้ไม่เพียงพอต่อการสกัดเป็นน้ำหอมได้ นักเรียนจะอย่างไร”

แนวคำตอบ: สังเคราะห์สารขึ้นมาใช้แทน โดยอาศัยปฏิกิริยาทางเคมี

## 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (50 นาที)

2.1 ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4 คน เพื่อศึกษาค้นคว้าปฏิกิริยาเคมีระหว่าง กรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์ และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม สืบค้นข้อมูลเพื่อดำเนินการศึกษาค้นคว้า วางแผน และดำเนินการทำปฏิบัติการ

2.2 ครูให้นักเรียนทำปฏิบัติการทดลองตามที่นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนไว้ เพื่อ ศึกษาปฏิกิริยาของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งเขียนปฏิกิริยาเฉพาะตัวของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น

2.3 ในระหว่างที่นักเรียนทำการทดลอง ครูเพิ่มเติมถึงข้อควรระวังในการทำการทดลอง

2.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มที่ได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าออกมานำเสนอผลการศึกษา ของกลุ่มตัวเอง มีการอภิปรายแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในแต่ละกลุ่ม ครูผู้สอนใช้คำถามกระตุ้นผู้เรียน ตลอดเวลาดำเนินกิจกรรม

## 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (50 นาที)

3.1 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง รวมทั้งปฏิกิริยาเฉพาะตัวของ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น (เอทิลเอซีเตตจะมีกลิ่นคล้ายน้ำยาล้างเล็บ ส่วนเอทิลเอซีเตตผสมสารละลาย กรดซัลฟิวริกจะมีกลิ่นฉุนคล้ายน้ำส้มสายชู)

3.2 ครูใช้คำถามเพื่อนำไปสู่ เรื่อง กรดคาร์บอกซิลิก ว่า “นักเรียนสามารถพบ กรดคาร์บอกซิลิกได้จากที่ไหนในธรรมชาติ และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อะไรได้บ้าง”

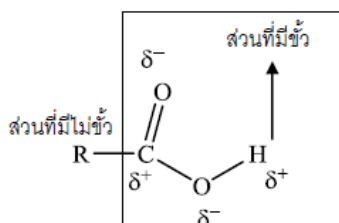
แนวคำตอบ: สามารถพบได้ในก้นมด หรือเรียกอีกชื่อว่า “กรดมด” ซึ่งเราสามารถ นำไปใช้ในการทดสอบความเป็นกรด-เบสได้ ทั้งยังสามารถนำไปทำความสะอาดกระจกได้ด้วย จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงสมบัติทางกายภาพ การเตรียมปฏิกิริยา รวมทั้งกลไก การเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์) ดังนี้

## 1. กรดคาร์บอกซิลิก (Carboxylic acid)

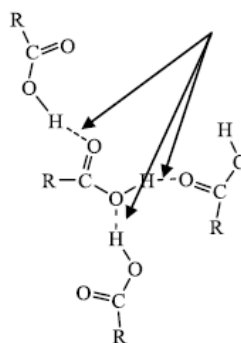
### 1.1 สมบัติทางกายภาพ

#### 1.1.1 สภาพขี้ว และจุดเดือด

กรดคาร์บอกซิลิกประกอบด้วยพันธะโคเวเลนต์มีขี้ว 3 พันธะคือ C=O, C-O และ O-H โดยออกซิเจนของหมู่คาร์บอนิลและหมู่ไฮดรอกซิลมีประจุเป็นลบเล็กน้อย ส่วนคาร์บอนของหมู่คาร์บอนิลและไฮโดรเจนของหมู่ไฮดรอกซิลมีประจุเป็นบวกเล็กน้อย ทำให้กรดคาร์บอกซิลิกเป็นสารประกอบที่มีขี้วและสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้



รูปที่ 1 สภาพขี้วของกรดแอซิดิก

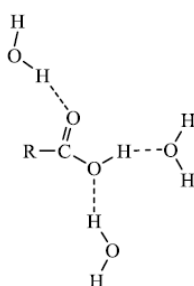


รูปที่ 2 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของกรดแอซิดิก

เนื่องจากพันธะไฮโดรเจนของกรดคาร์บอกซิลิกแข็งแรงกว่าแอลกอฮอล์ จึงทำให้กรดคาร์บอกซิลิกมีจุดเดือดสูงกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันหรือเท่ากัน

#### 1.1.2 การละลายน้ำ

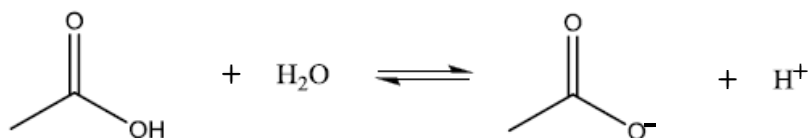
กรดคาร์บอกซิลิกละลายน้ำได้ดีกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน



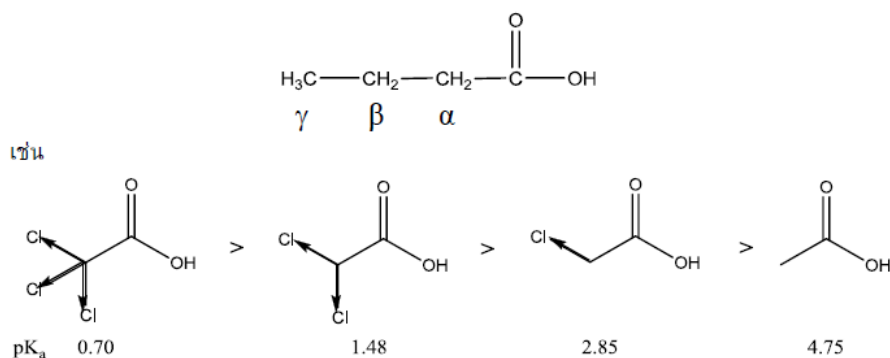
รูปที่ 3 พันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลของกรดแอซิดิกกับน้ำ

#### 1.1.3 ความเป็นกรดและความแรงของกรดคาร์บอกซิลิก

กรดคาร์บอกซิลิกมีสมบัติเป็นกรด เนื่องจากกรดคาร์บอกซิลิกสามารถแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนได้ แต่มีความแรงน้อยกว่า แต่เมื่อเทียบกับกลุ่มของสารประกอบอินทรีย์แล้ว กรดคาร์บอกซิลิกจะมีความแรงมากที่สุด

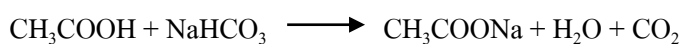
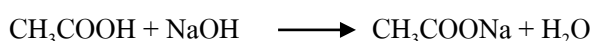
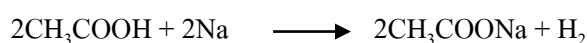


ถ้ามีอะตอม หรือหมู่แทนที่ที่ส่วนใหญ่เป็นพวกขูดดึงอิเล็กตรอน (Withdrawing group) เกาะที่ตำแหน่ง  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  จะทำให้กรดคาร์บอกซิลิกมีความแรงยิ่งขึ้น โดยถ้าหมู่ที่ขูดดึงอิเล็กตรอนเกาะที่ตำแหน่ง  $\alpha$  จะมีความแรงมากกว่าตำแหน่ง  $\beta$ ,  $\gamma$  ตามลำดับ และที่ตำแหน่งเดียวกันความแรงขึ้นอยู่กับจำนวนของหมู่แทนที่

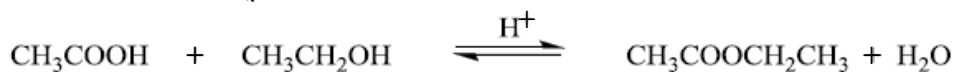


## 1.2 ปฏิริยาเคมีของกรดคาร์บอกซิลิก

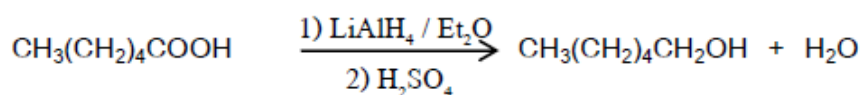
1.2.1 ปฏิริยากับเบส กรดคาร์บอกซิลิกเป็นกรดที่แรงกว่าแอลกอฮอล์ จึงทำให้สามารถทำปฏิริยากับเบสอ่อนและเบสแก่ได้



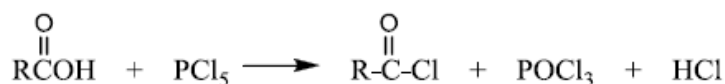
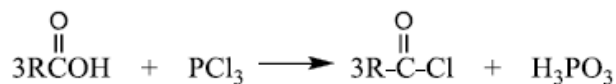
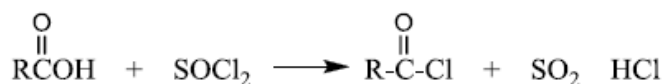
1.2.2 ปฏิริยาการเกิดเอสเทอร์ (Esterification)



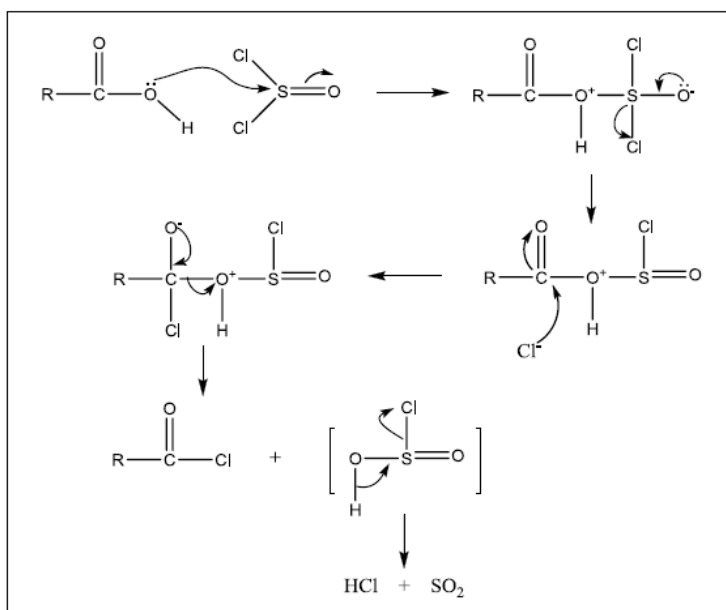
1.2.3 ปฏิริยารีดักชัน



1.2.4 ปฏิริยาการเตรียมเอซิลคลอไรด์



กลไกการเกิดปฏิกิริยา



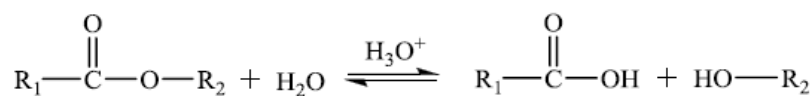
## 2. เอสเทอร์ (Ester)

### 2.1 สมบัติทางกายภาพ

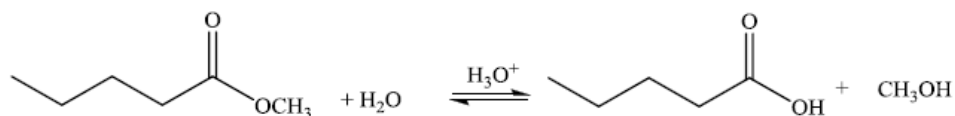
เอสเทอร์พบมากในธรรมชาติอยู่ในรูปของสารที่มีกลิ่นหอม โดยส่วนใหญ่พบในผลไม้และดอกไม้ มีสูตรทั่วไป  $\text{RCOOR}'$  เอสเทอร์เป็นสารที่มีขี้ สามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนได้ แต่ไม่แข็งแรงเท่ากับสารประกอบคาร์บอกซิลิกและสารประกอบแอลกอฮอล์ ดังนั้นจุดเดือดของสารประกอบเอสเทอร์จึงต่ำกว่าสารประกอบคาร์บอกซิลิกและสารประกอบแอลกอฮอล์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลใกล้เคียงกัน

### 2.2 ปฏิกิริยาเคมีของเอสเทอร์

#### 2.2.1 ปฏิกิริยา Hydrolysis



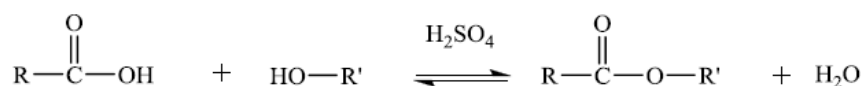
เช่น



### 2.2.2 ปฏิกริยา Saponification



### 2.2.3 ปฏิกริยาการเกิดเอสเทอร์ (Esterfication)



3.3 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพ การเตรียมปฏิกริยา และกลไกการเกิดปฏิกริยาของสารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์)

## 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (50 นาที)

4.1 ครูให้นักเรียนอ่านบทความที่ 5 ซึ่งเป็นแบบฝึกการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งอยู่ในเอกสารประกอบการเรียนพร้อมตอบคำถาม โดยให้นักเรียนช่วยกันคิดเป็นกลุ่มในประเด็นที่กำหนดให้

## 5. ขั้นประเมิน (Evaluation) (40 นาที)

- 5.1 ประเมินจากแบบประเมินการวางแผน และปฏิบัติทดลอง
- 5.2 ประเมินจากการถามตอบในชั้นเรียน
- 5.3 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- 5.4 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 5.5 ประเมินจากแบบสังเกตพฤติกรรม

## 8. สื่อ-อุปกรณ์

8.1 PowerPoint เรื่อง สารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์)

8.2 เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง สารประกอบที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์)

8.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

8.4 แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

8.5 ชุดการทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ และชุดการทดลอง เรื่อง ปฏิกริยาของเอสเทอร์

## 9. การวัดและการประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	เครื่องมือวัด	วิธีวัด	เกณฑ์การวัด
1. นักเรียนสามารถอธิบายสมบัติและการเกิดปฏิกิริยาของสารประกอบที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์) ได้ (K)	- ข้อคำถาม  - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	- การตอบคำถามและการอภิปรายในชั้นเรียน  - ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	- นักเรียนในห้องร้อยละ 80 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง  - ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80
2. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบจุดเดือดของสารประกอบอินทรีย์ชนิดต่าง ๆ ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้ (K)	- ข้อคำถาม  - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	- การตอบคำถามและการอภิปรายในชั้นเรียน  - ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	- นักเรียนในห้องร้อยละ 80 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง  - ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80
3. นักเรียนสามารถบอกประโยชน์หรือโทษของสารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบได้ (K)	- ข้อคำถาม  - แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	- การตอบคำถามและ  - ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	- นักเรียนในห้องร้อยละ 80 สามารถตอบคำถามได้ถูกต้อง  - ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80



สิ่งที่ต้องการวัด	เครื่องมือวัด	วิธีวัด	เกณฑ์การวัด
4. นักเรียนสามารถทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาเคมีระหว่างกรดอินทรีย์กับแอลกอฮอล์ และปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ (P)	- การสังเกต พฤติกรรม	- แบบประเมินการปฏิบัติทดลอง	- ผลการประเมินผ่านเกณฑ์ที่กำหนดไว้
5. นักเรียนมีระเบียบรอบคอบ และมีความมุ่งมั่นอดทน (A)	- การสังเกต พฤติกรรม	- แบบสังเกต พฤติกรรม	- นักเรียนมีพฤติกรรมการเรียนรู้อยู่ในระดับดี
6. นักเรียนมีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	- แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	- ตรวจแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ	- ตรวจแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 50

### แบบสังเกตพฤติกรรม

รายวิชา ว 30233 (อินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุล)

เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเตอร์)

กลุ่ม ที่	พฤติกรรม  ชื่อ-สกุล สมาชิกในกลุ่ม	ความถี่ระเบียบ รอบคอบ			ความมุ่งมั่น อดทน			รวมคะแนน
		3	2	1	3	2	1	6
1								
2								
3								
4								
5								
6								

#### เกณฑ์การประเมิน

ระดับคุณภาพมาก ได้คะแนน 3 คะแนน

ระดับคุณภาพปานกลาง ได้คะแนน 2 คะแนน

ระดับคุณภาพน้อย ได้คะแนน 1 คะแนน

#### สรุปคะแนน

5-6 คะแนน = ดี

4-3 คะแนน = ปานกลาง

2-1 คะแนน = ปรับปรุง

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(นางสาวพิไลวรรณ พรรณงาม)

วันที่ .....เดือน .....พ.ศ.....

### แบบบันทึกหลังการสอน

รายวิชา ว 30233 (อินทรีย์เคมีและสารชีวโมเลกุล)

เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิกและเอสเทอร์)

1. การดำเนินการจัดการเรียนรู้

( ) เป็นไปตามแผน ( ) ไม่เป็นไปตามแผน

2. บรรยากาศระหว่างการจัดการเรียนรู้

.....  
 .....

3. สรุปผลการจัดการเรียนรู้

จำนวนนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ประเมิน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

จำนวนนักเรียนที่ไม่ผ่านเกณฑ์ประเมิน.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

4. ปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้

.....  
 .....

5. สิ่งที่ต้องพัฒนาในการจัดการเรียนรู้ครั้งต่อไป

.....  
 .....

6. แนวทางการแก้ไขนักเรียนที่ไม่ผ่านการประเมิน

.....  
 .....

ลงชื่อ .....ผู้สอน

(นางสาวพิไลวรรณ พรรณขาม)

วันที่ .....เดือน .....พ.ศ.....

## แบบประเมินการปฏิบัติการทดลอง

เรื่อง.....

กลุ่ม ที่	รายการที่ประเมิน/ คะแนน															รวม	ผ่าน/ ไม่ ผ่าน	
	การทดลอง ตามแผนที่ กำหนด			การใช้ อุปกรณ์และ เครื่องมือ			การบันทึก ผลการ ทดลอง			การสรุปผล การทดลอง			การดูแล และการเก็บ อุปกรณ์					
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1			

หมายเหตุ: เกณฑ์การตัดสิน นักเรียนต้องได้คะแนนแต่ละรายการ ระดับ 2 ขึ้น ไป จึงจะถือว่าผ่านเกณฑ์

ผู้ประเมิน

.....

### เกณฑ์การให้คะแนนการปฏิบัติการทดลอง

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	ระดับ 3	ระดับ 2	ระดับ 1
1. การทดลองตามแผนที่กำหนด	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้อย่างถูกต้อง มีการปรับปรุงแก้ไขเป็นระยะ	ทดลองตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้โดยครูเป็นผู้แนะนำในบางส่วน มีการปรับปรุงแก้ไขบ้าง	ทดลองไม่ถูกต้องตามวิธีการและขั้นตอนที่กำหนดไว้ หรือดำเนินการข้ามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่มีการปรับปรุงแก้ไข
2. การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องตามหลักการปฏิบัติ	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลองได้อย่างถูกต้องตามหลักการปฏิบัติ แต่ไม่คล่องแคล่ว	ใช้อุปกรณ์และเครื่องมือไม่ถูกต้อง
3. การบันทึกผลการทดลอง	บันทึกผลเป็นระยะอย่างถูกต้อง มีระเบียบและเป็นไปตามการทดลอง	บันทึกผลเป็นระยะ ไม่ระบุหน่วย ไม่เป็นระเบียบและเป็นไปตามการทดลอง	บันทึกผลไม่ครบ ไม่มีการระบุหน่วยและไม่เป็นไปตามการทดลอง
4. การสรุปผลการทดลอง	สรุปผลการทดลองได้อย่างถูกต้องกระชับ ชัดเจน และครอบคลุมข้อมูลจากการวิเคราะห์ทั้งหมดและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์	สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง แต่ยังไม่ครอบคลุมข้อมูลจากการวิเคราะห์ทั้งหมด	สรุปผลการทดลองได้ตามความคิดเห็น โดยไม่ใช้ข้อมูลจากการทดลอง
5. การดูแลและการเก็บอุปกรณ์	ดูแลอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง และมีการทำความสะอาดและเก็บอย่างถูกต้องตามหลักการ	ดูแลอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง และมีการทำความสะอาดแต่เก็บไม่ถูกต้อง	ไม่ดูแลอุปกรณ์และเครื่องมือในการทดลอง และไม่สนใจทำความสะอาด รวมทั้งเก็บไม่ถูกต้อง

## เอกสารประกอบการเรียน

### ปฏิบัติการที่ 3

#### ปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์

##### จุดประสงค์การทดลอง

1. เตรียมเอสเทอร์จากปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ได้
2. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาระหว่างกรดคาร์บอกซิลิกกับแอลกอฮอล์ได้

##### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<b>สารเคมี</b>	
กรดแอซิดิกเข้มข้น	2 cm <sup>3</sup>
กรดซาลิซิลิก	1 ซ้อนเบอร์ 1
กรดบิวทาโนอิก	1 cm <sup>3</sup>
เอทานอล	1 cm <sup>3</sup>
เพนทานอล	1 cm <sup>3</sup>
เมทานอล	2 cm <sup>3</sup>
กรดซัลฟิวริกเข้มข้น	0.5 cm <sup>3</sup>
<b>อุปกรณ์</b>	
หลอดทดลองขนาดกลางพร้อมจุกยาง	4 ชุด
ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่ก้นลมและตะแกรงลวด	1 ชุด
บีกเกอร์ขนาด 250 cm <sup>3</sup>	1 ใบ

##### วิธีการทดลอง

1. หยดกรดแอซิดิก 3 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดเล็ก เติมเอทานอลลงไป 3 หยด แล้วเติมกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 1 หยดผสมให้เข้ากัน คมก่ลินและบันทึกผล แล้วปิดจุกอย่างหลวมๆ
2. นำสารในข้อ 1 ไปอุ่นในน้ำร้อนอุณหภูมิ 60-70 °C เป็นเวลา 2-3 นาที คมก่ลินของสารที่ได้จากปฏิกิริยาเปรียบเทียบกับกลิ่นของสารตั้งต้น บันทึกผล
3. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1 และ 2 โดยใช้สารแต่ละคู่ต่อไปนี้แทนกรดแอซิดิกกับเพนทานอล ได้แก่ กรดแอซิดิกกับเมทานอล และกรดบิวทาโนอิก กับ เมทานอล



## ปฏิบัติการที่ 4

### ปฏิกิริยาของเอสเทอร์

#### จุดประสงค์การทดลอง

1. เตรียมกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์จากปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ได้
2. เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์ได้
3. อธิบายปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเอสเทอร์และปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันได้

#### สารเคมีและอุปกรณ์

รายการ	ต่อ 1 กลุ่ม
<b>สารเคมี</b>	
เอทิลแอซีเตต	5 หยด
สารละลายกรดซัลฟูริก 2 mol/dm <sup>3</sup>	5 หยด
<b>อุปกรณ์</b>	
หลอดทดลองขนาดเล็กพร้อมจุกยาง	1 ชุด
ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลมและตะแกรง	
ลวด	1 ชุด
บีกเกอร์ขนาด 100 cm <sup>3</sup>	1 ใบ

#### วิธีการทดลอง

1. ใส่เอทิลแอซีเตต 5 หยด ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง คมกลิ้งและบันทึกผล
2. เติมสารละลายกรดซัลฟูริก 2 mol/dm<sup>3</sup> 5 หยด ลงในหลอดทดลองในข้อ 1 ปิดจุกอย่างหลวม ๆ แล้วนำไปอุ่นในน้ำร้อนประมาณ 5 นาที ตั้งไว้ให้เย็น คมกลิ้ง และบันทึกผล

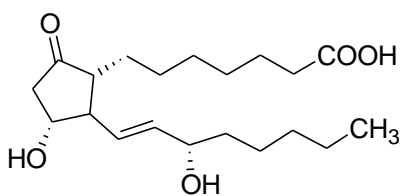




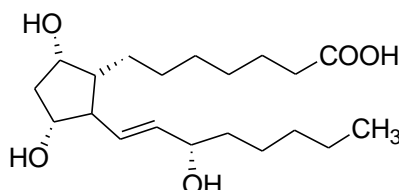
## บทความที่ 5

คำชี้แจง: อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1-4 โดยเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ

โพรสตาแกลนดิน (Prostaglandins) เป็นสารประกอบประเภทกรดคาร์บอกซิลิกที่พบในธรรมชาติซึ่งสกัดได้ออกมาครั้งแรกเมื่อ ค.ศ. 1930 จากต่อมลูกหมากของแกะ ถึงอย่างไรก็ดีในราวปี ค.ศ. 1960 นักวิทยาศาสตร์ค้นพบว่า โพรสตาแกลนดินมีมากกว่า 12 ชนิด แต่ละชนิดประกอบด้วยคาร์บอน 20 อะตอม ซึ่งในสูตรโมเลกุลประกอบด้วย ไฮโดรเจนเพนเทนริง ซึ่งในที่นี้แสดงไว้สองชนิด คือ  $\text{PGF}_{1\alpha}$  และ  $\text{PGE}_1$



Prostaglandin E<sub>1</sub>  
(PGE<sub>1</sub>)



Prostaglandin F<sub>1α</sub>  
(PGF<sub>1α</sub>)

โพรสตาแกลนดินทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของร่างกาย ทำให้กล้ามเนื้อผ่อนคลายและการหดตัวของกล้ามเนื้อ ทำให้หลอดเลือดยืดหยุ่น ลดความดันโลหิต และลดการจับเป็นก้อนของเลือดจึงมีประโยชน์ใช้รักษาโรคหัวใจและโรคไต

จนถึงปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ก็ยังทำการศึกษาค้นคว้าวิจัยอย่างต่อเนื่องถึงประโยชน์ของสารประเภทนี้ ในปี ค.ศ. 1982 นักวิทยาศาสตร์ชาวสวีเดน คือ Sune Bergstrom และ Bengt Samuelsson และนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ คือ John Vane ได้รับรางวัลโนเบลในสาขาทางการแพทย์ร่วมกันจากการวิจัยสารประเภทนี้จนสามารถนำประโยชน์เป็นยารักษาโรคชนิดต่าง ๆ ได้ (อุดม ก๊กผล, โสภณ เรืองสำราญ และอมร เพชรสม, 2551)

1. จากบทความที่กำหนดให้ กล่าวถึงเรื่องใดเป็นสำคัญ
  - ก. ไซโคลเพนเทนริง
  - ข. การควบคุมการทำงานของร่างกาย
  - ค. การรักษาโรคหัวใจและโรคไต
  - ง. โพรสตาแกลนดิน
  
2. ข้อใดแตกต่างจากข้ออื่น
  - ก. โพรสตาแกลนดินเป็นสารประเภทกรดคาร์บอกซิลิก
  - ข. โพรสตาแกลนดินแต่ละชนิดประกอบด้วยคาร์บอน 20 อะตอม
  - ค. โพรสตาแกลนดินช่วยลดการจับเป็นก้อนของเลือด
  - ง. ไซโคลเพนเทนริงเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่พบในโพรสตาแกลนดิน
  
3. ข้อใดต่อไปนี้ไม่เป็นจริง
  - ก.  $\text{PGE}_1$  และ  $\text{PGF}_{1\alpha}$  เป็นชนิดของโพรสตาแกลนดิน
  - ข. โพรสตาแกลนดินบางชนิดเท่านั้นที่ประกอบด้วยคาร์บอน 20 อะตอม
  - ค. โพรสตาแกลนดินมีหมู่ฟังก์ชันเป็น  $-\text{COOH}$  เป็นหมู่ฟังก์ชันหลัก
  - ง. โพรสตาแกลนดินแต่ละชนิดประกอบด้วยไซโคลเพนเทนริง
  
4. จากบทความที่กำหนดให้ สรุปได้ว่าอย่างไร
  - ก. โพรสตาแกลนดินมีประโยชน์ในการรักษาโรคต่าง ๆ ได้
  - ข. โพรสตาแกลนดินมีประโยชน์รักษาโรคหัวใจได้
  - ค. ไซโคลเพนเทนริงเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้โพรสตาแกลนดินสามารถควบคุมการทำงานของร่างกายได้เกือบทุกส่วน
  - ง. ไซโคลเพนเทนริงพบใน  $\text{PGE}_1$  และ  $\text{PGF}_{1\alpha}$

เฉลย

1) ง.

2) ค.

3) ข.

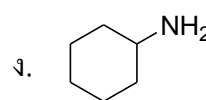
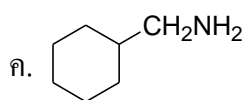
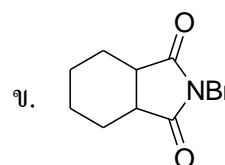
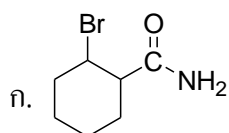
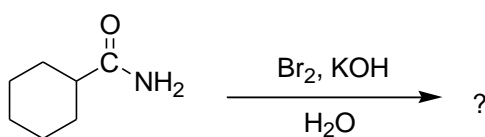
4) ก.

ตัวอย่างแบบทดสอบย่อยท้ายวงจร (ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)

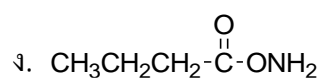
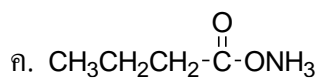
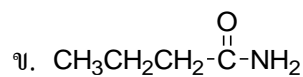
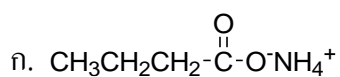
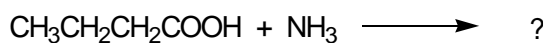
วงจรที่ 3

คำชี้แจง: จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงใน  
กระดาษคำตอบ

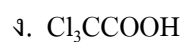
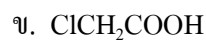
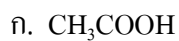
1. ผลผลิตจากปฏิกิริยาข้างล่างนี้คือข้อใด



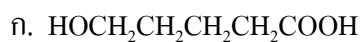
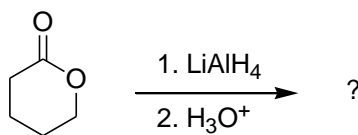
2. ผลผลิตจากปฏิกิริยาข้างล่างนี้คือข้อใด



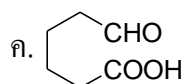
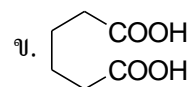
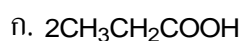
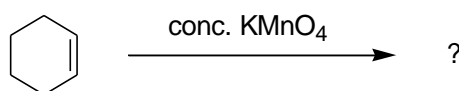
3. สารในข้อใดมีความเป็นกรดมากที่สุด



4. ผลผลิตจากปฏิกิริยาข้างล่างนี้คือข้อใด

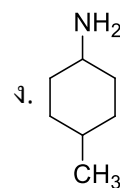
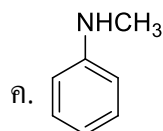
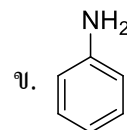
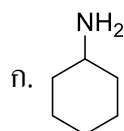


5. ผลผลิตที่เกิดจากปฏิกิริยาข้างล่างนี้คือข้อใด

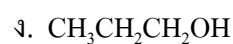
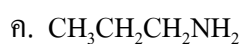


ง. ไม่เกิดปฏิกิริยา

6. สารในข้อใดเป็นเอมีนทุติยภูมิ



7. สารในข้อใดมีจุดเดือดต่ำที่สุด



8. การรีดิวซ์หมู่ไนโตร ( $-\text{NO}_2$ ) ในอะโรมาติกและแอลิฟาติกเอมีน ต้องใช้ตัวรีดิวซ์ในข้อใด

ก.  $\text{H}_2$ , Pt หรือ Pd

ข. Fe,  $\text{H}_2\text{SO}_4$

ค. Zn, HCl

ง. ถูกทุกข้อ

9. สารที่มีความเป็นเบสสูงที่สุดคือข้อใด

ก.  $\text{NH}_3$

ข.  $\text{CH}_3\text{NH}_2$

ค.  $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$

ง.  $(\text{CH}_3)_3\text{N}$

10. ผลผลิตที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างโพรพานาไมด์กับกรดคือข้อใด

ก.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{NH}_4^+$

ข.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

ค.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}\equiv\text{N}$

ง.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CONH}_3$

เฉลย

1) ง.

2) ก.

3) ง.

4) ค.

5) ข.

6) ค.

7) ก.

8) ง.

9) ค.

10) ก.



1. จากบทความที่กำหนดให้ กล่าวถึงเรื่องใดเป็นสำคัญ

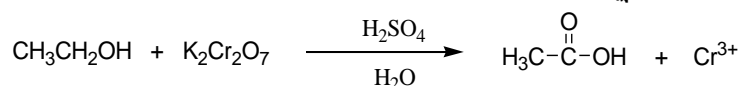
- ก. เครื่องมือที่ใช้ตรวจแอลกอฮอล์ในเลือด
- ข. การตรวจแอลกอฮอล์ในเลือด
- ค. ปฏิกิริยาเคมีของแอลกอฮอล์
- ง. ประโยชน์ของโพแทสเซียมไดโครเมต ( $K_2Cr_2O_7$ )

2. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับบทความนี้

- ก.  $K_2Cr_2O_7$  จะออกซิไดซ์ไพรมารีหรือเซคันดารีแอลกอฮอล์ได้เป็นคาร์บอกซิลิกหรือคีโตน
- ข. สารละลาย  $K_2Cr_2O_7$  เปลี่ยนจากสีเหลืองส้มเป็นสีเขียว แสดงว่ามีแอลกอฮอล์อยู่
- ค. ปริมาณแอลกอฮอล์จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเร็วหรือช้าในการเปลี่ยนสีของ

สารละลาย  $K_2Cr_2O_7$

- ง. การวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่แน่นอน สามารถวัดได้โดยปฏิกิริยา



3. ข้อใดต่อไปนี้ไม่เป็นจริง

- ก. การใช้ GC หรือ GC-MS เป็นหนึ่งในวิธีการตรวจหาแอลกอฮอล์
- ข. การใช้  $K_2Cr_2O_7$  เป็นวิธีที่ง่ายในการตรวจหาแอลกอฮอล์
- ค. แอลกอฮอล์ในเลือดมีเพียงชนิดเดียวคือ เมทานอล
- ง. ปฏิกิริยาระหว่าง  $K_2Cr_2O_7$  กับแอลกอฮอล์จะทำให้ทราบว่ามีแอลกอฮอล์อยู่หรือไม่

4. จากบทความที่กำหนดให้ สรุปได้ว่าอย่างไร

ก. แอลกอฮอล์ในเลือดสามารถตรวจได้หลายวิธี แต่วิธีที่ง่ายต่อการปฏิบัติคือการใช้  $K_2Cr_2O_7$  แล้วดูการเปลี่ยนสีของสารละลาย

- ข. ถ้ามีแอลกอฮอล์ในเลือด สารละลายโพแทสเซียมไดโครเมตจะมีสีเหลือง
- ค. การตรวจแอลกอฮอล์ในเลือดจะต้องพิจารณาอาการอื่นประกอบด้วย
- ง. การตรวจหาปริมาณแอลกอฮอล์ที่แน่นอนในเลือดจะต้องใช้ GC ในการวิเคราะห์

เท่านั้น

เฉลย

1) ข.

2) ง.

3) ค.

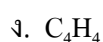
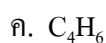
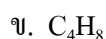
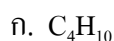
4) ก.



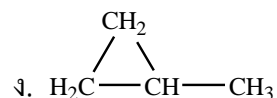
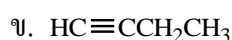
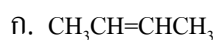
### แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์

คำชี้แจง: ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย X บนข้อที่ถูกต้องที่สุดลงในกระดาษคำตอบ

1. ไอสารอินทรีย์ข้อใด เมื่อเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ใช้ออกซิเจนปริมาตร 5 เท่าของไอสารอินทรีย์เริ่มต้น และเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ปริมาตรเป็น 4 เท่าของสารตั้งต้น



2. ก๊าซ X เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง มีสมบัติฟอกสีสารละลาย  $KMnO_4$  ในกรด  $H_2SO_4$  ก๊าซ X  $5.6 \text{ dm}^3$  ที่  $0^\circ C$  760 mmHg หนัก 14 g ก๊าซ X มีสูตรโครงสร้างดังข้อใด



3. สารอินทรีย์ A และ B มีสูตรโมเลกุล  $C_2H_6O$  และ  $C_2H_4O_2$  ตามลำดับ ทั้งสาร A และ B ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม เมื่อสาร A และ B ทำปฏิกิริยาจะได้สาร C ซึ่งมีสูตรโมเลกุล  $C_4H_8O_2$  สาร A, B และ C คือสารใด

	สาร A	สาร B	สาร C
ก.	$CH_3OCH_3$	$HCOOCH_3$	$CH_3COOCH_2CH_3$
ข.	$CH_3CH_2OH$	$HCOOCH_3$	$CH_3CH_2COOCH_3$
ค.	$CH_3CH_2OH$	$CH_3COOH$	$CH_3COOCH_2CH_3$
ง.	$CH_3OCH_3$	$CH_3COOH$	$CH_3COOCH_2CH_3$

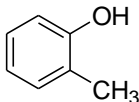
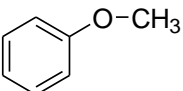
4. การทดสอบในข้อใดเหมาะสมที่สุดในการระบุว่าสารใดเป็นแอลคีนและแอลกอฮอล์

การทดสอบ	เหตุผล
ก. การละลายน้ำ	แอลคีนทุกตัวไม่ละลายน้ำ, แอลกอฮอล์ทุกตัวละลายดี
ข. โลหะโซเดียม	แอลคีนทุกตัวไม่เกิดปฏิกิริยา, แอลกอฮอล์ทุกตัวให้ฟองก๊าซ
ค. สารละลาย $\text{NaHCO}_3$	แอลคีนให้ก๊าซที่ละลายน้ำแล้วเป็นกรด, แอลกอฮอล์ไม่เกิดปฏิกิริยา
ง. การเผา	แอลคีนติดไฟให้เขม่า, แอลกอฮอล์ไม่ติดไฟ

5. เกษตรกรท่านหนึ่งต้องการเร่งมะม่วงให้สุกทันขาย เกษตรกรท่านนี้ควรเลือกใช้สารใดในการเร่งการสุกของมะม่วง

- ก. อะเซทิลีน
- ข. เอทิลีน
- ค. เมทิลเบนซีน
- ง. กลอโรเบนซีน

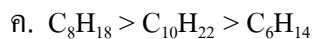
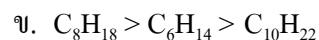
6. พิจารณาการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารอินทรีย์ต่อไปนี้

- 1)  สูงกว่า 
- 2)  $\text{CH}_3\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-OCH}_3$  สูงกว่า  $\text{H}_3\text{C-CH}_2\text{-}\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}\text{-OH}$
- 3)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  สูงกว่า  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$

ข้อใดถูกต้อง

- ก. 1) เท่านั้น
- ข. 1) และ 3)
- ค. ถูกต้องทุกข้อ
- ง. 2) และ 3)

7. เมื่อนำไฮโดรคาร์บอน 3 ชนิดคือ  $C_6H_{14}$ ,  $C_8H_{18}$  และ  $C_{10}H_{22}$  อย่างละ 1 โมล มาเผาไหม้ ปริมาณออกซิเจนที่ต้องใช้ในการเผาไหม้เรียงตามลำดับจากมากไปน้อยจะเป็นไปตามข้อใด



8. ในห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งมีสาร 2 ชนิด คือ แอลเคน และไซโคลแอลกิน แต่ฉลากหลุดหาย นักเรียนจะทดสอบความแตกต่างของสารทั้งสองชนิดได้อย่างไร

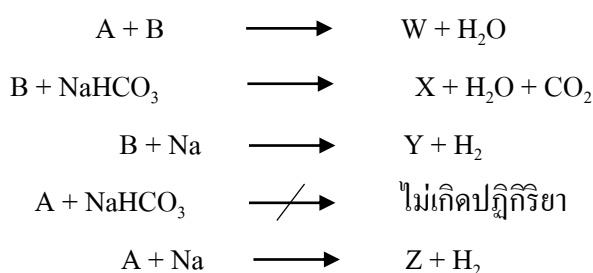
ก. นำไปทดสอบการละลายน้ำ

ข. ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนในที่สว่าง

ค. ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

ง. ทดสอบกระดาษลิตมัส

9. สาร A และสาร B เป็นสารอินทรีย์ที่มีจำนวนคาร์บอนเพียง 2 อะตอม แต่เป็นสารประกอบต่างชนิดกัน มีปฏิกิริยาดังนี้



จากปฏิกิริยาข้างต้น ข้อสรุปใดเป็นไปได้

ก. W เป็นเอสเทอร์ชื่อเอทิลเอซิเตต

ข. W, X และ Y เป็นสารชนิดเดียวกัน

ค. Y และ Z เป็นเกลือชนิดเดียวกัน

ง. สาร A และ B มีสูตรเป็น  $CH_3COOH$  และ  $CH_3CH_2OH$  ตามลำดับ

10. สาร A, B และ C เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อนำสาร A ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และนำสาร B และ C ทำปฏิกิริยากับสารละลายโบรมีนในที่สว่างจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการ



พิจารณาข้อความต่อไปนี้

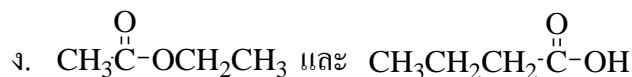
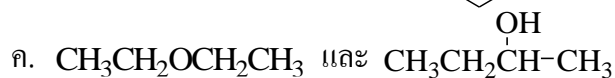
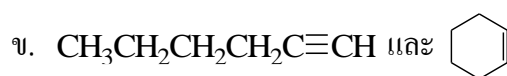
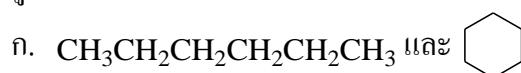
- 1) สาร A มีสูตรโมเลกุล  $\text{C}_3\text{H}_4$
- 2) สาร B และ C เป็นไอโซเมอร์กัน
- 3) สาร C ฟอกสีสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
- 4) สาร A 1 โมล เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ได้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และ

น้ำอย่างละ 3 โมล

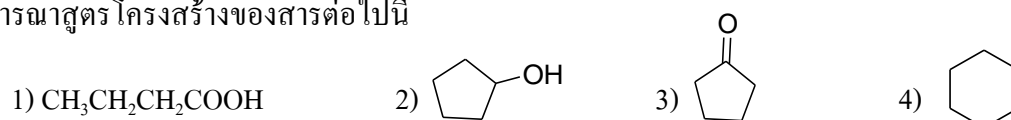
จากผลการทดลองข้างต้น ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง

- ก. 1) และ 2) เท่านั้น
- ข. 3) และ 4) เท่านั้น
- ค. 1), 3) และ 4)
- ง. 1), 2) และ 3)

11. สารคู่ใดมีสมบัติทางเคมีและกายภาพคล้ายคลึงกันมากที่สุด



12. พิจารณาสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้



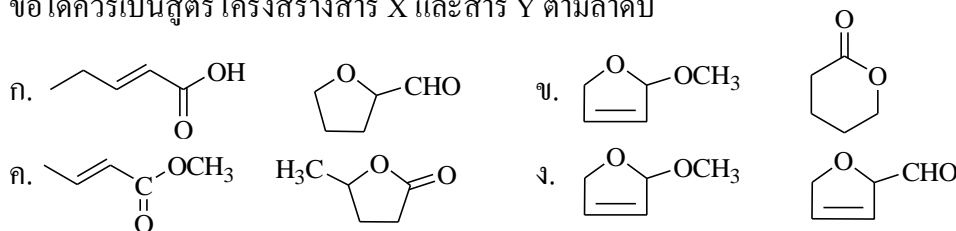
การเรียงลำดับจุดเดือดของสารจากต่ำไปสูง ข้อใดถูก

- ก. 1) 2) 3) 4)
- ข. 1) 3) 2) 4)
- ค. 4) 2) 3) 1)
- ง. 4) 3) 2) 1)

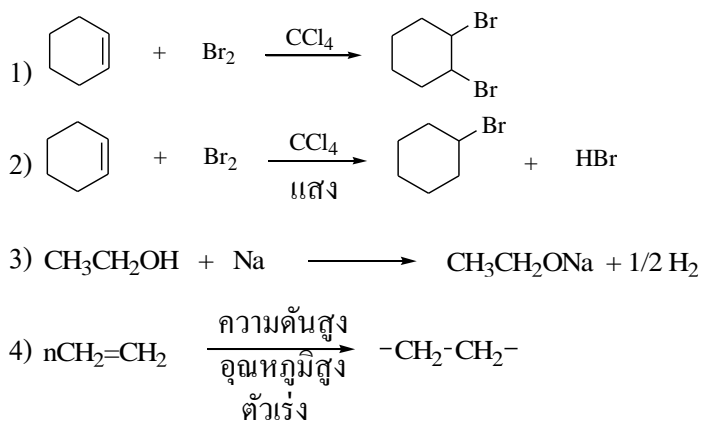
13. สาร X และสาร Y มีสูตรโมเลกุล  $C_5H_8O_2$  เหมือนกัน ทำการทดลองได้ผลดังตาราง

สาร	Reagent			
	โลหะ Na	NaHCO <sub>3</sub> (aq)	Br <sub>2</sub> / CCl <sub>4</sub>	สารละลายเบเนดิกต์
X	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ฟอกสีอย่างรวดเร็ว	ไม่เกิด
Y	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	เกิดตะกอนสีแดงอิฐ

ข้อใดควรเป็นสูตรโครงสร้างสาร X และสาร Y ตามลำดับ



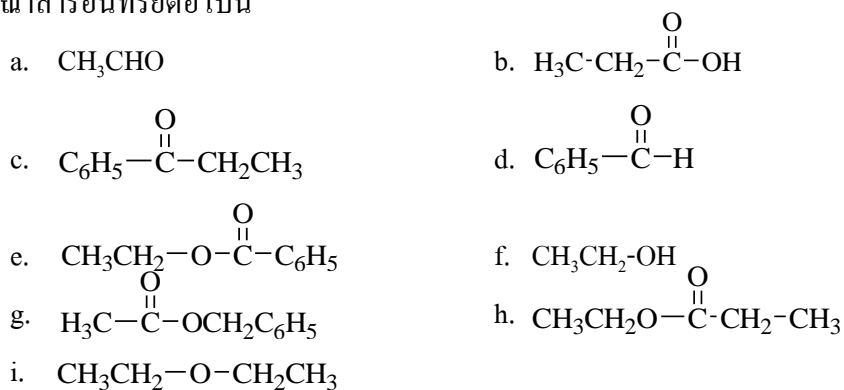
14. พิจารณาชนิดของปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ต่อไปนี้



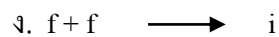
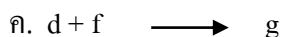
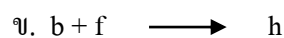
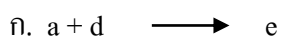
จากข้อมูลที่กำหนดให้ ข้อใดไม่ใช่ชนิดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

- ก. การแทนที่      ข. การเติม      ค. สะปอนนิฟิเคชัน      ง. พอลิเมอไรเซชัน

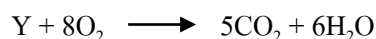
15. พิจารณาสารอินทรีย์ต่อไปนี้



ข้อใดเป็นปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์



16. X และ Y เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อทำปฏิกิริยากับ  $\text{Br}_2$  และ  $\text{O}_2$  ได้ผลิตภัณฑ์ดังนี้



สาร X และ Y ควรเป็นสารประเภทใดตามลำดับ

ก. แอลคีน แอลเคน

ข. ไซโคลแอลคีน แอลเคน

ค. แอลคีน แอลคีน

ง. ไซโคลแอลเคน แอลเคน

17. เมื่อนำเฮกเซน เฮกซีน เฮกไซน์ และเบนซีน อย่างละ 1 กรัม มาเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ สารประกอบไฮโดรคาร์บอนใดต้องใช้ปริมาณออกซิเจนมากที่สุดและน้อยที่สุด ตามลำดับ

ก. เฮกเซนและเบนซีน

ข. เบนซีนและเฮกเซน

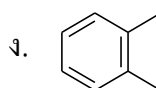
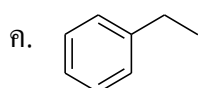
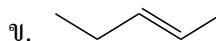
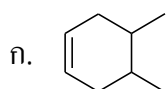
ค. เบนซีนและเฮกซีน

ง. เบนซีนและเฮกไซน์

18. แอลกอฮอล์ในข้อใดมีสมบัติเป็นกรดมากที่สุด

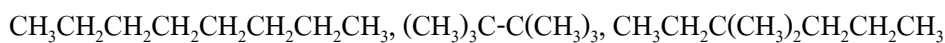


19. สารประกอบที่มีโครงสร้างตามข้อใดที่สามารถให้ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชันออกมาได้ผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 แบบ





23. แอลเคนต่อไปนี้ ข้อใดเรียงลำดับจุดเดือดจากมากไปน้อยได้ถูกต้อง



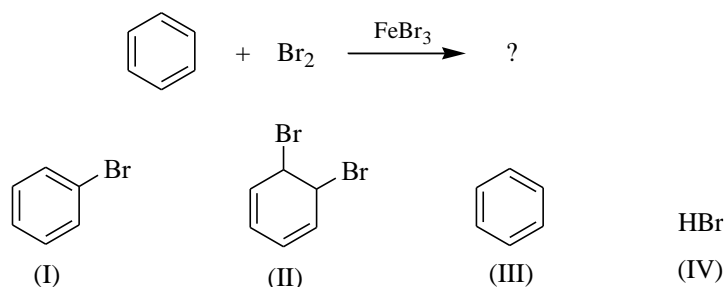
ก.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 > (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$

ข.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 > \text{Octane} > (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$

ค.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 > (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3 > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

ง.  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 > (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3 > \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$

24. ข้อใดคือสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสมการดังแสดงต่อไปนี้



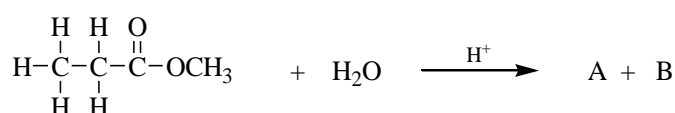
ก. (I)

ข. (I) และ (IV)

ค. (II)

ง. (II) และ (IV)

25. พิจารณาปฏิกิริยาเคมีดังแสดง



โดยสาร B เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง

พิจารณาข้อความต่อไปนี้

(I) สาร B คือ เอมีน

(II) หมู่ฟังก์ชันของ A คือ -OH

(III) สาร B ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมเกิดแก๊สไฮโดรเจน

(IV) สาร B ทำปฏิกิริยาฟอกจางสีสารละลายโบรมีน เมื่อมี Fe เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ข้อใดถูก

ก. (I) และ (II)

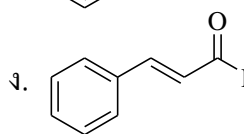
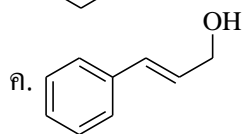
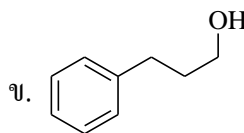
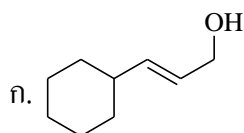
ข. (I), (II) และ (III)

ค. (II) และ (III)

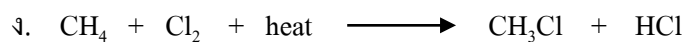
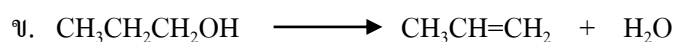
ง. (I) และ (IV)



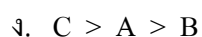
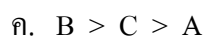
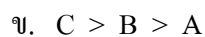
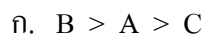
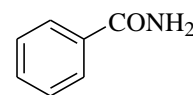
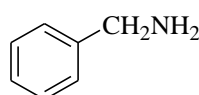
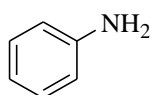
26. เมื่อนำซินนามาลดีไฮด์ (cinnamaldehyde) มาทำปฏิกิริยากับแก๊ส  $H_2$  โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่าได้ผลิตภัณฑ์ตัวหนึ่งที่ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม และไม่พอกสีโบรมีน โครงสร้างของสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยานี้คือข้อใด



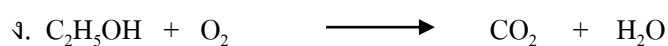
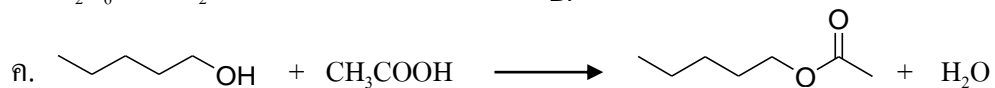
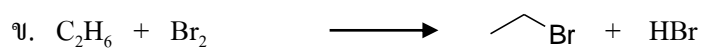
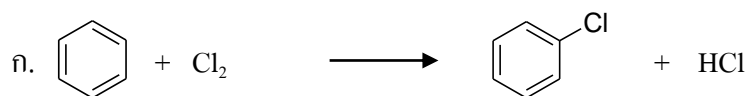
27. ข้อใดต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาการขจัดออก (Elimination)



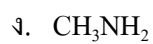
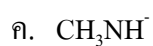
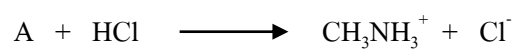
28. จงเปรียบเทียบความเป็นเบสของเอมีนต่อไปนี้จากมากไปน้อย



29. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชัน (esterification)



30. จากปฏิกิริยาต่อไปนี้ สาร A คือสารในข้อใด



เฉลย

- |       |        |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|--------|
| 1) ง. | 7) ง.  | 13) ง. | 19) ข. | 25) ง. |
| 2) ก. | 8) ก.  | 14) ก. | 20) ก. | 26) ข. |
| 3) ก. | 9) ก.  | 15) ข. | 21) ง. | 27) ข. |
| 4) ข. | 10) ก. | 16) ง. | 22) ง. | 28) ก. |
| 5) ข. | 11) ก. | 17) ก. | 23) ก. | 29) ก. |
| 6) ข. | 12) ง. | 18) ก. | 24) ข. | 30) ง. |

## ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำชี้แจง: อ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1-4 โดยทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ  
บทความที่ 1

น้ำมันดิบนับเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่มีอิทธิพลอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมมนุษย์ เพราะนอกจากจะเป็นต้นกำเนิดเชื้อเพลิงเหลวสำหรับการขับเคลื่อนยานยนต์และเครื่องจักรกลต่างๆ แล้ว ยังเป็นแหล่งกำเนิดปิโตรเคมีหลากหลายชนิด ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ถือเป็นต้นน้ำของอุตสาหกรรมเคมีและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องหลายประเภท ผลิตภัณฑ์รอบตัวเราจำนวนมากมีองค์ประกอบของวัสดุและเคมีภัณฑ์จากปิโตรเคมี เช่น พลาสติก สี สิ่งทอ ยา และเวชภัณฑ์ หรือแม้แต่เคมีละเอียดบางชนิดที่ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารและเครื่องดื่ม ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุตสาหกรรมและสังคมมนุษย์มีการพึ่งพาและผูกติดกับปิโตรเคมีอย่างแนบแน่น

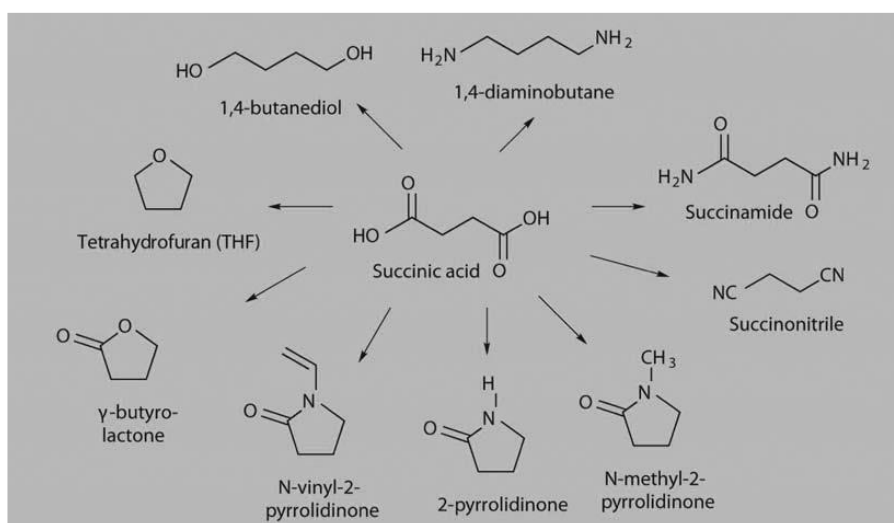
อย่างไรก็ตาม เนื่องจากน้ำมันดิบซึ่งเป็นต้นกำเนิดของปิโตรเคมีนั้นเป็นทรัพยากรสิ้นเปลือง (Non-renewable resource) ที่นับวันจะยิ่งหายากและราคาสูงขึ้น ทำให้หลายฝ่ายเกิดความกังวลว่าภาวะร่อยหรอของน้ำมันดิบสำรองได้พิภพจะส่งผลกระทบต่อความยั่งยืนทางพลังงาน วัสดุ และเคมีภัณฑ์ในอนาคต ฉะนั้น เพื่อเตรียมรับมือกับวิกฤตการณ์ที่จะเกิดขึ้น การแสวงหาแหล่งพลังงาน วัสดุ และเคมีภัณฑ์แหล่งใหม่ทดแทนน้ำมันดิบ จึงเป็นภารกิจที่ต้องกระทำอย่างเร่งด่วน เพื่อประคับประคองให้การพัฒนาสังคมมนุษย์สามารถดำเนินต่อไปได้อย่างยั่งยืนในอนาคต

ชีวมวล (Biomass) เป็นทรัพยากรหมุนเวียนที่ได้รับการพิจารณาว่ามีศักยภาพเพียงพอที่จะเติมเต็มความต้องการด้านวัสดุและพลังงานในอนาคตได้อย่างยั่งยืน ยิ่งกว่านั้นยังมีความเชื่อว่า ถ้าหากเทคโนโลยีเอื้ออำนวย ชีวมวลจะสามารถเข้ามาแทนที่น้ำมันดิบและเชื้อเพลิงฟอสซิลชนิดต่างๆ ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นในปัจจุบันจึงมีความพยายามขนานใหญ่ ในการคิดค้นกรรมวิธีที่จะนำชีวมวลมาแปรสภาพให้เป็นเชื้อเพลิง วัสดุ และสารเคมีต่างๆ ซึ่งบางส่วนของความพยายามดังกล่าวได้เริ่มปรากฏผลสำเร็จ และสามารถยกระดับสู่การผลิตเชิงอุตสาหกรรมแล้ว เช่น เชื้อเพลิงเหลว ไบโอบิวทานอล ไบโอบิวทานอล และไบโอดีเซล หรือพอลิเมอร์ ชีวภาพอย่าง พอลิแล็กไทด์ และพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอต

ในการนำชีวมวลมาใช้ในการผลิตสารเคมีนั้นสิ่งสำคัญอันดับแรกที่จะต้องทำให้สำเร็จคือการหาวิธีผลิตโมเลกุลหน่วยการสร้าง (Building block) ที่มีศักยภาพทัดเทียมกับเคมีตั้งต้นที่ได้จากน้ำมันดิบ กล่าวคือ นอกจากจะสามารถนำไปใช้ในการสังเคราะห์เป็นสารเคมีต่างๆ ได้หลากหลายชนิดแล้ว ในขณะเดียวกันก็ต้องสามารถผลิตได้ในปริมาณมากด้วยต้นทุนที่ประหยัดที่สุด

ซึ่งในปัจจุบันนักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบโมเลกุลหน่วยการสร้างที่มีศักยภาพดังกล่าวแล้วหลายตัว อาทิ กรดแลกติก (Lactic acid) กรดอะซิติก (Acetic acid) กรดเลวูลินิก (Levulinic acid) และ กรดซัคซินิก (Succinic acid) เป็นต้น ซึ่งสารเหล่านี้สามารถผลิตได้จากชีวมวล โดยอาศัยการหมักของจุลินทรีย์ หรือการเปลี่ยนรูปด้วยวิธีการใช้เอนไซม์จากตัวอย่างที่ยกมานั้น กรดซัคซินิกเป็นหน่วยการสร้างตัวหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์กำลังสนใจอย่างมาก เพราะกรดซัคซินิกมีศักยภาพที่สอดคล้องกับความต้องการหลายด้าน

กรดซัคซินิก ( $C_4H_6O_4$ ) เป็นกรดอินทรีย์ประเภทไดคาร์บอกซิลิก (มีหมู่คาร์บอกซิลิก 2 หมู่) ประกอบด้วยธาตุคาร์บอนรวม 4 อะตอม จัดเป็นโมเลกุลหน่วยการสร้างที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย ทั้งการใช้โดยตรง เช่น ใช้เป็นสารปรับสภาพความเป็นกรด-ด่างของผลิตภัณฑ์อาหาร เป็นส่วนประกอบในตำรับยาหรือเครื่องสำอาง และการใช้ประโยชน์ทางอ้อม โดยใช้เป็นเคมีตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์สารอื่นๆ ที่มีมูลค่าหรือมีประโยชน์เชิงการค้าได้หลากหลายชนิดด้วยกัน ดังแสดงในภาพ



ด้วยศักยภาพที่น่าสนใจของกรดซัคซินิกจึงมีความพยายามที่จะคิดค้นวิธีการผลิตกรดซัคซินิกให้ได้ปริมาณมากด้วยต้นทุนที่ประหยัดกว่าที่เป็นอยู่ จนกระทั่งเมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการค้นพบว่าการผลิตกรดซัคซินิกโดยการหมักชีวมวลสามารถให้ผลผลิตสูงและประหยัดกว่าการผลิตโดยวิธีสังเคราะห์จากปิโตรเคมี ปัจจุบันจึงมีความพยายามพัฒนากระบวนการหมักกรดซัคซินิกให้มีประสิทธิภาพเพื่อยกระดับสู่การผลิตในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

1. จากบทความที่กำหนดให้ กล่าวถึงเรื่องใดเป็นสำคัญ
  - ก. ปีโตรเคมี
  - ข. เชื้อเพลิงเหลว
  - ค. น้ำมันดิบ
  - ง. ชักชนิกจากชีวมวล
2. ข้อใดไม่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์นี้
  - ก. โมเลกุลหน่วยการสร้างสามารถผลิตได้จากชีวมวล โดยอาศัยการหมักจุลินทรีย์
  - ข. กรดซักชนิกสามารถนำไปใช้สังเคราะห์เป็นพอลิบิวทิลีนซักซิเนต (Polybutylene succinate, PBS) ได้
  - ค. กรดซักชนิกจากการหมักชีวมวลจะให้ผลผลิตสูง และประหยัดกว่าการผลิตโดยวิธีสังเคราะห์จากปีโตรเคมี
  - ง. ชีวมวลสามารถแทนที่น้ำมันดิบและเชื้อเพลิงฟอสซิลต่าง ๆ ได้
3. “กรดซักชนิก เป็นหน่วยการสร้างที่มีศักยภาพ” จากข้อความดังกล่าวมีความน่าเชื่อถือหรือไม่อย่างไร
  - ก. น่าเชื่อถือ เพราะกรดซักชนิกเป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์สารอื่น ๆ ทำให้นำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน
  - ข. น่าเชื่อถือ เพราะกรดซักชนิกสามารถผลิตโมเลกุลหน่วยการสร้างได้ ซึ่งจะนำไปสู่การสังเคราะห์เป็นสารเคมีต่าง ๆ ต่อไป
  - ค. ไม่น่าเชื่อถือ เพราะกรดซักชนิกเป็นสารที่อันตราย ไม่ควรนำมาใช้
  - ง. ไม่น่าเชื่อถือ เพราะไม่มีข้อมูลที่เป็นตัวเลขระบุอย่างชัดเจน
4. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ สรุปได้ว่าอย่างไร
  - ก. กรดซักชนิกสามารถสังเคราะห์สาร Tetrahydrofuran (THF) ได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ในทางการค้า
  - ข. น้ำมันดิบเป็นทรัพยากรสิ้นเปลืองที่กำลังจะหมดไปจากโลก ดังนั้น ชีวมวลจึงถูกนำมาใช้แทนที่น้ำมันดิบ
  - ค. ชีวมวลมีความสำคัญมาก เพราะจะช่วยเพิ่มศักยภาพทางด้านเทคโนโลยีและเศรษฐศาสตร์ของการผลิต
  - ง. กรดซักชนิกเป็นหนึ่งในหน่วยการสร้างที่ได้จากชีวมวล ที่สามารถนำไปใช้สังเคราะห์เป็นสารเคมีต่าง ๆ ได้

เฉลย

1) ง.

2) ข.

3) ก.

4) ง.

#### ภาคผนวก ค

- ตารางแสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบ
- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)
- ตารางแสดงคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน





ตารางภาคผนวก ก-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	เฉลี่ย	SD	
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา ที่สอน	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.2	0.4	มาก
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา สาระ	4	4	5	4	5	4.4	0.5	มาก
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้ เหมาะสม	4	4	5	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	4	5	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ								
11.1 ความเหมาะสม	4	4	5	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-2 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2  
เรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน (เบนซีนและอนุพันธ์ของเบนซีน)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
1. มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้								
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถ วัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
4. สารการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	4	4	4	4	4.0	0.0	มาก
4.2 ความเหมาะสมกับระดับ ผู้เรียน	4	4	4	5	4	4.2	0.4	มาก
5. สารสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
5.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	3	4	4.0	0.7	มาก
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	4	5	2	4	3.8	1.0	มาก
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้ เหมาะสม	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลา ที่สอน	3	4	5	5	4	4.2	0.8	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	3	4	5	5	4	4.2	0.8	มาก

## ตารางภาคผนวก ก-2 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้	3	5	5	4	4	4.2	0.8	มาก
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	3	5	5	4	4	4.2	0.8	มาก
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา สาระ	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้ เหมาะสม	4	4	5	3	5	4.2	0.8	มาก
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	4	5	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ								
11.1 ความเหมาะสม	4	4	5	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-3 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (แอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
1. มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้								
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
4. สารการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	5	5	5	4	4.6	0.5	มากที่สุด
4.2 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	4	5	4	4.4	0.5	มาก
5. สารสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
5.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	3	4	4	2	4	3.4	0.9	ปานกลาง
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก

## ตารางภาคผนวก ก-3 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้	4	5	5	3	5	4.4	0.9	มาก
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	3	5	4.4	0.9	มาก
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา สาระ	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้ เหมาะสม	5	5	5	4	5	4.8	0.4	มากที่สุด
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	5	4	5	5	4.6	0.5	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ								
11.1 ความเหมาะสม	4	5	4	5	4	4.4	0.5	มาก

ตารางภาคผนวก ค-4 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4  
เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (แอลดีไฮด์  
และคีโตน)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
1. มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้								
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
4. สารการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
4.2 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
5. สารสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
5.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	2	4	4.0	1.0	มาก
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	3	4	4	4	4	3.8	0.4	มาก
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	3	4	4	3	4	4.2	0.5	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก

## ตารางภาคผนวก ก-4 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	3	4	4.0	0.7	มาก
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา สาระ	4	4	5	4	5	4.4	0.5	มาก
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้ เหมาะสม	4	4	5	4	5	4.4	0.5	มาก
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ								
11.1 ความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-5 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (คาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
1. มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้								
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.5	มากที่สุด
4. สารการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	5	4	5	4	4.4	0.5	มาก
4.2 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	0.5	มากที่สุด
5. สารสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
5.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	3	5	5	3	4	4.0	1.0	มาก
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	3	4	5	5	4	4.2	0.8	มาก



## ตารางภาคผนวก ก-5 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้	4	4	5	4	4	4.2	0.4	มาก
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	4	5	3	4	4.0	0.7	มาก
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา สาระ	4	4	5	4	5	4.4	0.5	มาก
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้ เหมาะสม	5	5	5	4	5	4.8	0.4	มากที่สุด
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ								
11.1 ความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ก-6 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6  
เรื่อง สารประกอบอินทรีย์ที่มีธาตุไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ (เอมีนและเอไมด์)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
1. มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้								
2.1 ความถูกต้อง	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
4. สารการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	4	5	4	5	4	4.4	0.5	มาก
4.2 ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน	4	5	5	5	4	4.6	0.5	มากที่สุด
5. สารสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
5.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.6	0.5	มากที่สุด
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับผู้เรียน	3	5	5	3	4	4.0	1.0	มาก
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	3	4	5	3	4	3.8	0.8	มาก
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	3	4	5	3	4	3.8	0.8	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับผู้เรียน	3	4	5	4	4	4.0	0.7	มาก

## ตารางภาคผนวก ก-6 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับ ความ เหมาะสม
	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	คนที่	เฉลี่ย	SD	
	1	2	3	4	5			
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับ กระบวนการจัดการเรียนรู้	4	5	5	3	4	4.2	0.8	มาก
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	3	4	4.2	0.8	มาก
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหา สาระ	4	5	5	4	4	4.4	0.5	มาก
9.2 ใช้เครื่องมือวัดผลได้ เหมาะสม	5	5	5	4	5	4.8	0.4	มากที่สุด
10. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน								
10.1 ความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด
11. แบบทดสอบวัด ความสามารถในการคิดอย่างมี วิจารณญาณ								
11.1 ความเหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	0.4	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ค-7 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้แผนการจัดการเรียนรู้

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
1. เพิ่มคุณลักษณะอันพึงประสงค์ โดยยึดคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 10 ประการของโรงเรียนเป็นหลัก	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความมีระเบียบและรอบคอบ</li> <li>- ความมุ่งมั่น อดทน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ความมีระเบียบและรอบคอบ</li> <li>- ความมุ่งมั่น อดทน</li> <li>- ความสนใจ ใฝ่รู้</li> <li>- ความมีเหตุผล</li> </ul>
2. เรียงลำดับหัวข้อในแผนการจัดการเรียนรู้ใหม่	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มาตรฐานการเรียนรู้</li> <li>- ผลการเรียนรู้</li> <li>- จุดประสงค์การเรียนรู้</li> <li>- สาระการเรียนรู้</li> <li>- สาระสำคัญ</li> <li>- คุณลักษณะอันพึงประสงค์</li> <li>- กระบวนการจัดการเรียนการสอน</li> <li>- สื่อ-อุปกรณ์</li> <li>- การวัดและการประเมินผล</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- มาตรฐานการเรียนรู้</li> <li>- ผลการเรียนรู้</li> <li>- <u>สาระสำคัญ</u></li> <li>- <u>จุดประสงค์การเรียนรู้</u></li> <li>- <u>สาระการเรียนรู้</u></li> <li>- คุณลักษณะอันพึงประสงค์</li> <li>- กระบวนการจัดการเรียนการสอน</li> <li>- สื่อ-อุปกรณ์</li> <li>- การวัดและการประเมินผล</li> </ul>

ตารางภาคผนวก ก-7 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
<p>3. ปรับแก้สาระการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนและกระชับมากขึ้น</p>	<p>กรดคาร์บอกซิลิก คือสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ที่ทำหน้าที่ มีสูตรทั่วไปเป็น <math>\text{RCOOH}</math> หรือ <math>\text{RCO}_2\text{H}</math> แบ่งตามชนิดของหมู่ที่สร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิลได้ 2 ชนิด คือ กรดคาร์บอกซิลิกชนิดแอลิแฟติก ซึ่งมีหมู่แอลคิลสร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิลและกรดคาร์บอกซิลิกชนิดอะโรมาติก ซึ่งมีหมู่เอริลสร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิล <u>กรดคาร์บอกซิลิกมีจุดเดือดสูงกว่าแอลกอฮอล์ แอลดีไฮด์ และคีโตน เพราะมีพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล 2 พันธะต่อ 2 โมเลกุล และเป็นกรดมากกว่าแอลกอฮอล์ สังเคราะห์ได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอลกอฮอล์และแอลดีไฮด์</u> <u>ปฏิกิริยาออกซิเดชันแบบแตกสลายของแอลคิน</u></p>	<p>กรดคาร์บอกซิลิก คือสารประกอบที่มีหมู่คาร์บอกซิลเป็นหมู่ที่ทำหน้าที่ มีสูตรทั่วไปเป็น <math>\text{RCOOH}</math> หรือ <math>\text{RCO}_2\text{H}</math> แบ่งตามชนิดของหมู่ที่สร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิลได้ 2 ชนิด คือ กรดคาร์บอกซิลิกชนิดแอลิแฟติก ซึ่งมีหมู่แอลคิลสร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิลและกรดคาร์บอกซิลิกชนิดอะโรมาติก ซึ่งมีหมู่เอริลสร้างพันธะอยู่กับหมู่คาร์บอกซิล</p> <p>เอสเทอร์ เป็นอนุพันธ์กรดคาร์บอกซิลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลของกรดคาร์บอกซิลิกถูกแทนที่ด้วยหมู่แอลคอกซี และเกิดจากปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ในที่มีกรด</p>

ตารางภาคผนวก ก-7 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	<p><u>และแอล ไคน์ ปฏิกริยาออกซิเดชันของแอลคิลเบนซีน ปฏิกริยาคาร์บอกซิเลชันของกรีญาร์รีเอเจนต์ และปฏิกริยาการแยกสลายด้วยน้ำของไนโตรล์</u></p>	
	<p>เอสเทอร์ เป็นอนุพันธ์กรดคาร์บอกซิลิกที่มีหมู่ไฮดรอกซิลของกรดคาร์บอกซิลิกถูกแทนที่ด้วยหมู่แอลคอกซี และเกิดจากปฏิกริยาเอสเทอร์ฟิเคชันของกรดคาร์บอกซิลิกและแอลกอฮอล์ในที่มีกรด <u>ซึ่งอนุพันธ์กรดคาร์บอกซิลิก คือสารประกอบที่มีหมู่ทำหน้าที่ที่สามารถเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิกได้โดยปฏิกริยาการแยกสลายด้วยน้ำในภาวะกรดหรือเบส</u></p>	

ตารางภาคผนวก ก-7 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
4. เพิ่มแนวคำตอบในประเด็นที่ตั้งคำถามในแต่ละขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้	“จากความรู้เรื่องหมู่ฟังก์ชันที่เรียนมา นักเรียนคิดว่าดอกไม้และผลไม้ดังกล่าวเป็นสารอินทรีย์ประเภทใด”	“จากความรู้เรื่องหมู่ฟังก์ชันที่เรียนมา นักเรียนคิดว่าดอกไม้และผลไม้ดังกล่าวเป็นสารอินทรีย์ประเภทใด” <u>แนวคำตอบ</u> : เป็นสารอินทรีย์ประเภทเอสเทอร์และมีหมู่แอลคอกซีคาร์บอนิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน เนื่องจากเอสเทอร์เป็นสารที่มีกลิ่นหอม ซึ่งพบในผลไม้หรือดอกไม้ต่าง ๆ
5. ปรับแก้คำผิด การใช้ภาษา รวมทั้งศัพท์เทคนิคให้ถูกต้อง	- ก๊าซ H - ไอ-อิเล็กตรอน ดีโลคัลไลซ์	- ก๊าซ H <sub>2</sub> - $\pi$ -electron delocalized
6. ปรับกิจกรรมในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แต่ละขั้นให้มีความชัดเจนและน่าสนใจมากขึ้น	ครูให้นักเรียนดูภาพโครงสร้างของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นแอลเคน แอลคีน และแอลไคน์ใน PowerPoint และตั้งคำถามกับนักเรียนว่า “จากภาพนักเรียนเห็นอะไรที่เหมือนกันหรือแตกต่างกัน และนักเรียนคิดว่าสิ่งที่เหมือนกันหรือแตกต่างกันนี้จะทำให้สารประกอบเหล่านี้มีคุณสมบัติอะไรที่เหมือนหรือแตกต่างกันบ้างหรือไม่”	ครูบรรจุสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่เป็นแอลเคน แอลคีน และแอลไคน์ ลงในบีกเกอร์คนละใบ พร้อมระบุหมายเลข 1,2,3 บนบีกเกอร์ แล้วสุ่มนักเรียนมาหยดสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตลงไปในบีกเกอร์แต่ละใบ แล้วให้นักเรียนสังเกตผลที่เกิดขึ้นว่าทั้ง 3 บีกเกอร์ให้ผลที่เหมือนกันหรือไม่ อย่างไรและนักเรียนคิดว่าสารที่บรรจุในนั้นเป็นสารประเภทใด

**การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**  
**เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม**  
 ตารางภาคผนวก ก-8 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ( $\sum R/N$ )
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1	1	1	1	0	1	5	0.80
2	1	1	1	0	1	5	0.80
3	0	1	1	1	1	5	0.80
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	1	1	1	1	5	1.00
6	1	1	0	1	1	5	0.80
7	1	1	1	0	1	5	0.80
8	1	1	1	0	1	5	0.80
9	1	1	1	1	1	5	1.00
10	1	1	1	1	1	5	1.00
11	1	1	1	0	1	5	0.80
12	1	1	1	1	0	5	0.80
13	1	1	1	0	1	5	0.80
14	1	1	1	1	1	5	1.00
15	1	1	1	1	1	5	1.00
16	1	1	1	0	1	5	0.80
17	1	1	1	0	0	5	0.60
18	1	1	1	0	1	5	0.80
19	1	1	1	1	1	5	1.00
20	1	1	1	1	0	5	0.80
21	1	1	1	0	1	5	0.80
22	1	1	1	1	1	5	1.00
23	1	1	1	1	1	5	1.00



## ตารางภาคผนวก ก-8 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ( $\sum R/N$ )
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
24	1	1	1	1	1	5	1.00
25	1	1	1	0	1	5	0.80
26	1	1	1	1	1	5	1.00
27	1	1	1	1	1	5	1.00
28	1	1	1	0	1	5	0.80
29	1	1	1	0	1	5	0.80
30	1	1	1	1	1	5	1.00
31	1	1	1	1	1	5	1.00
32	1	1	1	0	1	5	0.80
33	1	1	1	1	1	5	1.00
34	1	1	1	0	1	5	0.80
35	1	1	1	0	1	5	0.80
36	1	0	1	0	0	5	0.40
37	1	1	1	1	1	5	1.00
38	1	1	1	1	1	5	1.00
39	1	0	1	0	1	5	0.60
40	1	1	1	1	1	5	1.00
41	1	1	1	1	1	5	1.00
42	1	0	1	0	1	5	0.60
43	1	1	1	1	1	5	1.00
44	1	1	-1	1	1	5	0.60
45	1	1	1	1	1	5	1.00
46	1	1	1	0	0	5	0.60
47	1	1	1	0	1	5	0.80
48	1	1	-1	1	1	5	0.60
49	1	1	1	0	1	5	0.80

## ตารางภาคผนวก ก-8 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ( $\sum R/N$ )
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
50	1	1	1	1	1	5	1.00
51	1	1	1	0	1	5	0.80
52	1	1	1	1	1	5	1.00
53	1	1	1	1	1	5	1.00
54	1	1	1	1	1	5	1.00
55	1	1	1	1	1	5	1.00
56	1	1	1	1	1	5	1.00
57	1	1	1	1	1	5	1.00
58	1	1	1	1	1	5	1.00
59	1	1	1	1	1	5	1.00
60	1	1	1	1	1	5	1.00

## การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)

## แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางภาคผนวก ค-9 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการ ประเมิน	ใช้เป็นข้อ ที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการ ประเมิน	ใช้เป็นข้อ ที่
1	0.60	0.60	ใช้ได้	1	22	0.10	0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
2	0.40	0.60	ใช้ได้	2	23	0.10	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
3	0.75	0.50	ใช้ได้	3	24	0.60	0.60	ใช้ได้	12
4	0.55	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	25	0.25	0.30	ใช้ได้	13
5	0.30	0.20	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	26	0.45	0.30	ใช้ได้	14
6	0.80	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	27	0.65	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
7	0.35	0.50	ใช้ได้	4	28	0.40	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
8	0.20	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	29	0.80	0.20	ใช้ได้	15
9	0.20	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	30	0.30	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
10	0.30	0.30	ใช้ได้	5	31	0.25	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
11	0.35	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	32	0.25	0.30	ใช้ได้	16
12	0.15	0.30	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	33	0.25	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
13	0.75	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	34	0.40	0.20	ใช้ได้	17
14	0.65	0.70	ใช้ได้	6	35	0.50	0.40	ใช้ได้	18
15	0.55	0.50	ใช้ได้	7	36	0.25	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
16	0.80	0.20	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	37	0.65	0.30	ใช้ได้	19
17	0.50	0.60	ใช้ได้	8	38	0.45	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
18	0.20	0.20	ใช้ได้	9	39	0.05	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
19	0.30	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	40	0.35	0.30	ใช้ได้	20
20	0.20	0.40	ใช้ได้	10	41	0.40	0.60	ใช้ได้	21
21	0.40	0.60	ใช้ได้	11	42	0.25	0.30	ใช้ได้	22

ตารางภาคผนวก ก-9 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการ ประเมิน	ใช้เป็นข้อ ที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการ ประเมิน	ใช้เป็นข้อ ที่
43	0.10	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	52	0.35	0.50	ใช้ได้	26
44	0.10	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	53	0.55	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
45	0.25	0.30	ใช้ได้	23	54	0.50	0.20	ใช้ได้	27
46	0.15	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	55	0.15	-0.30	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
47	0.10	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	56	0.25	0.30	ใช้ได้	28
48	0.30	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	57	0.15	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
49	0.45	0.30	ใช้ได้	24	58	0.70	0.20	ใช้ได้	29
50	0.35	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	60	0.45	0.50	ใช้ได้	30
51	0.40	0.20	ใช้ได้	25					

จากตารางวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
โดยใช้สูตร KR-20 ของกูเดอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ .88

**การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ**  
**เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณในแต่ละด้านและข้อคำถาม**

ตารางภาคผนวก ค-10 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
 และข้อคำถาม

กระบวนการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ( $\sum R/N$ )	
	ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4			คนที่ 5
ด้านที่ 1	1	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 2	2	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 3	3	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 4	4	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 1	5	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 2	6	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 3	7	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 4	8	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 1	9	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 2	10	0	1	1	1	1	5	0.80
ด้านที่ 3	11	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 4	12	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 1	13	0	1	1	1	1	5	0.80
ด้านที่ 2	14	0	1	1	1	1	5	0.80
ด้านที่ 3	15	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 4	16	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 1	17	0	1	1	1	1	5	0.80
ด้านที่ 2	18	0	1	1	1	1	5	0.80
ด้านที่ 3	19	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 4	20	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 1	21	0	1	1	1	1	5	0.80
ด้านที่ 2	22	0	1	1	1	1	5	0.80

ตารางภาคผนวก ค-10 (ต่อ)

กระบวนการคิด อย่างมีวิจารณญาณ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC ( $\sum R/N$ )	
	ข้อที่	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4			คนที่ 5
ด้านที่ 3	23	1	1	1	1	1	5	1.00
ด้านที่ 4	24	1	1	1	1	1	5	1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r)  
แบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ตารางภาคผนวก ค-11 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบ  
วัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการ ประเมิน	ใช้เป็น ข้อที่	ข้อที่	ค่า p	ค่า r	ผลการ ประเมิน	ใช้เป็น ข้อที่
1	0.72	0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	13	0.56	0.44	ใช้ได้	5
2	0.89	-0.22	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	14	0.61	0.33	ใช้ได้	6
3	0.94	0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	15	0.56	0.22	ใช้ได้	7
4	0.83	0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	16	0.61	0.33	ใช้ได้	8
5	0.78	0.22	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	17	0.72	0.56	ใช้ได้	9
6	0.67	0.22	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	18	0.28	0.33	ใช้ได้	10
7	0.78	0.22	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	19	0.72	0.33	ใช้ได้	11
8	0.44	0.22	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	20	0.33	0.22	ใช้ได้	12
9	0.44	0.44	ใช้ได้	1	21	0.83	0.11	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
10	0.72	0.56	ใช้ได้	2	22	0.44	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
11	0.50	0.56	ใช้ได้	3	23	0.56	0.22	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
12	0.61	0.33	ใช้ได้	4	24	0.44	-0.22	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

จากตารางวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความสามารถในการคิดอย่างมี  
วิจารณญาณ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเคอร์-ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ  
เท่ากับ .78

ตารางภาคผนวก ค-12 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญในการปรับแก้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก ความรู้-ความจำ เป็นระดับ ความเข้าใจ	1. ไอสารอินทรีย์ข้อใด เมื่อเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ใช้ออกซิเจนปริมาตร 5 เท่า ..... (ด้านความรู้-ความจำ)	1. ไอสารอินทรีย์ข้อใด เมื่อเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ใช้ออกซิเจนปริมาตร 5 ..... (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก ความรู้-ความจำ เป็นระดับ ความเข้าใจ	2. ก๊าซ X เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง มี สมบัติฟอกสีสารละลาย $\text{KMnO}_4$ ..... (ด้านความรู้-ความจำ)	2. ก๊าซ X เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่ง มี สมบัติฟอกสีสารละลาย $\text{KMnO}_4$ ..... (ด้านความเข้าใจ)
- ปรับขนาดโครงสร้างของสาร ในตัวเลือกให้มีขนาดเท่ากัน	ก. $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ ข. $\text{HC}\equiv\text{C}\cdot\text{CH}_2\text{CH}_3$ ค. $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}_3$ ง. $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$	ก. $\text{CH}_3\text{CH}=\text{CHCH}_3$ ข. $\text{HC}\equiv\text{CCH}_2\text{CH}_3$ ค. $\text{H}_2\text{C}=\text{CHCH}=\text{CHCH}_3$ ง. $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ / \quad \backslash \\ \text{H}_2\text{C}-\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก ความเข้าใจเป็นระดับ การวิเคราะห์	3. สารอินทรีย์ A และ B มีสูตรโมเลกุล $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ และ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ตามลำดับ ..... (ด้านความเข้าใจ)	3. สารอินทรีย์ A และ B มีสูตรโมเลกุล $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ และ $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ตามลำดับ ..... (ด้านการวิเคราะห์)



ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	4. กำหนดให้ $\text{C}_4\text{H}_8 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pd}} \text{A}$ $\text{A} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{แสง}} \text{B} + \text{C}$ ข้อใดไม่ถูกต้อง (ด้านการวิเคราะห์)	4. กำหนดให้ $\text{C}_4\text{H}_8 + \text{H}_2 \xrightarrow{\text{Pd}} \text{A}$ $\text{A} + \text{Cl}_2 \xrightarrow{\text{แสง}} \text{B} + \text{C}$ ข้อใดไม่ถูกต้อง (ด้านการวิเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	5. พิจารณา $\text{A} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{B} + \text{C}$ $\text{B} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{X} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{B} + \text{Na} \longrightarrow \text{X} + \text{Y}$ ข้อสรุปใดต่อไปนี้เป็นข้อสรุปที่ถูกต้อง (ด้านการวิเคราะห์)	5. พิจารณา $\text{A} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{B} + \text{C}$ $\text{B} + \text{NaOH} \longrightarrow \text{X} + \text{H}_2\text{O}$ $\text{B} + \text{Na} \longrightarrow \text{X} + \text{Y}$ ข้อสรุปใดต่อไปนี้เป็นข้อสรุปที่ถูกต้อง (ด้านการวิเคราะห์)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความรู้-ความจำ เป็นระดับความเข้าใจ	6. สารประกอบในข้อใดที่มีโครงสร้างแบบโซ่เปิดชนิดอิมตัว และแบบวง ชนิดไม่อิมตัวตามลำดับ (ด้านความรู้-ความจำ)	6. สารประกอบในข้อใดที่มีโครงสร้างแบบโซ่เปิดชนิดอิมตัว และแบบวง ชนิดไม่อิมตัวตามลำดับ (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากการวิเคราะห์ เป็นระดับการประเมินค่า	7. การทดสอบในข้อใดเหมาะสมที่สุดในการระบุว่าสารใดเป็นแอลคีนหรือแอลกอฮอล์ (ด้านการวิเคราะห์)	7. การทดสอบในข้อใดเหมาะสมที่สุดในการระบุว่าสารใดเป็นแอลคีนและแอลกอฮอล์ (ด้านการประเมินค่า)

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น		
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น	8. กำหนดให้สาร A, B, C และ D มีสูตรโครงสร้างดังนี้ (ด้านการวิเคราะห์) ข้อใดถูก	8. กำหนดให้สาร A, B, C และ D มีสูตรโครงสร้างดังนี้ (ด้านการวิเคราะห์) ข้อใดต่อไปนี้ถูกต้อง
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก การวิเคราะห์ เป็นระดับ ความรู้-ความจำ	9. พาราฟินที่ใช้ในการเคลือบผักผลไม้ จัดเป็น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทใด (ด้านการวิเคราะห์)	9. พาราฟินที่ใช้ในการเคลือบผักผลไม้ จัดเป็น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนประเภทใด (ด้านความรู้-ความจำ)
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น	10. มีเกษตรกรท่านหนึ่งต้องการเร่งมะม่วงให้สุกทันขาย เกษตรกรท่านนี้จะเลือกใช้สารใดในการเร่งการสุกได้เร็ว ขึ้น (ด้านการนำไปใช้)	10. เกษตรกรท่านหนึ่งต้องการเร่งมะม่วงให้สุกทันขาย เกษตรกรท่านนี้ควรเลือกใช้สารใดในการเร่งการสุกของ มะม่วง (ด้านการนำไปใช้)
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น	14. พิจารณาการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารอินทรีย์ (ด้านความรู้-ความจำ) ข้อใดถูกต้อง	14. พิจารณาการเปรียบเทียบจุดเดือดของสารอินทรีย์ ต่อไปนี้ (ด้านการวิเคราะห์) ข้อใดถูกต้อง

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก ความรู้-ความจำ เป็นระดับ การวิเคราะห์	ก. 1) เท่านั้น ข. 1) และ 3) ค. ถูกต้องทุกข้อ ง. <u>ไม่สามารถเปรียบเทียบได้</u>	ก. 1) เท่านั้น ข. 1) และ 3) ค. ถูกต้องทุกข้อ ง. <u>2) และ 3)</u>
- ปรับข้อตัวเลือกให้สมบูรณ์ มากขึ้น	16. สารประกอบเอมีนใดที่ใช้ในการผสมในเครื่องดื่ม บำรุงกำลังหรือที่รู้จักกันในชื่อยาบ้า ยาอี (ด้านความรู้-ความจำ)	16. สารประกอบเอมีนใดที่ใช้ผสมในเครื่องดื่มบำรุงกำลัง หรือที่รู้จักกันในชื่อยาบ้า ยาอี (ด้านความรู้-ความจำ)
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น	17. ในห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งประกอบด้วยสาร 2 ชนิด คือ แอลเคน และไซโคลแอลคีน แต่ฉลากหลุดหาย นักเรียน จะทดสอบความแตกต่างของสารทั้งสองชนิดได้อย่างไร (ด้านการสังเคราะห์)	17. ในห้องปฏิบัติการแห่งหนึ่งมีสาร 2 ชนิด คือ แอลเคน และไซโคลแอลคีน แต่ฉลากหลุดหาย นักเรียนจะทดสอบ ความแตกต่างของสารทั้งสองชนิดได้อย่างไร (ด้านการสังเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น	19. สารประกอบ A, B, C และ D มีสูตรโครงสร้างดังนี้  สารทั้งสี่ละลายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสม เมื่อ สกัดสารละลายผสม..... (ด้านการวิเคราะห์)	19. สารประกอบ A, B, C และ D มีสูตรโครงสร้างดังนี้  สารทั้ง 4 ชนิดละลายอยู่ในตัวทำละลายอินทรีย์ที่เหมาะสม เมื่อสกัดสารละลายผสม..... (ด้านการวิเคราะห์)

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากการประเมินค่า เป็นระดับการวิเคราะห์	20. สาร A, B และ C เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อนำสาร A ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต..... จากผลการทดลองข้างต้น ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้อง (ด้านการประเมินค่า)	20. สาร A, B และ C เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เมื่อนำสาร A ทำปฏิกิริยากับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต..... จากผลการทดลองข้างต้น ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้อง (ด้านการวิเคราะห์)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความรู้-ความจำ เป็นระดับความเข้าใจ	21. สารคู่ใดมีสมบัติทางเคมีและกายภาพคล้ายคลึงกันมากที่สุด (ด้านความรู้-ความจำ)	21. สารคู่ใดมีสมบัติทางเคมีและกายภาพคล้ายคลึงกันมากที่สุด (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากการประเมินค่า เป็นระดับการวิเคราะห์	22. จากผลการทดสอบสารอินทรีย์ 4 ชนิด ได้ผลดังตาราง จากผลการทดสอบ สาร A, B, C และ D ในข้อใดเป็นไปได้ (ด้านการประเมินค่า)	22. จากผลการทดสอบสารอินทรีย์ 4 ชนิด ได้ผลดังตาราง จากผลการทดสอบ สาร A, B, C และ D ในข้อใดเป็นไปได้ (ด้านการวิเคราะห์)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความรู้-จำ เป็นระดับความเข้าใจ	23. ปฏิกิริยาในข้อใดจัดเป็นปฏิกิริยาแอลคิลเลชัน (ด้านความรู้-ความจำ)	23. ปฏิกิริยาในข้อใดจัดเป็นปฏิกิริยาแอลคิลเลชัน (ด้านความเข้าใจ)

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก ความรู้-ความจำ เป็นระดับ ความเข้าใจ	24. พิจารณาสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้ การเรียงลำดับจุดเดือดของสารจากต่ำไปสูง ข้อใดถูก (ด้านความรู้-ความจำ)	24. พิจารณาสูตรโครงสร้างของสารต่อไปนี้ การเรียงลำดับจุดเดือดของสารจากต่ำไปสูง ข้อใดถูก (ด้านความเข้าใจ)
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น	25. สาร X และสาร Y มีสูตรโมเลกุล $C_5H_8O_2$ เหมือนกัน ทำการทดสอบได้ผลดังตาราง ข้อใดควรเป็นสูตรโครงสร้างสาร X และสาร Y ตามลำดับ (ด้านการวิเคราะห์)	25. สาร X และสาร Y มีสูตรโมเลกุล $C_5H_8O_2$ เหมือนกัน ทำการทดลองได้ผลดังตาราง ข้อใดควรเป็นสูตรโครงสร้างสาร X และสาร Y ตามลำดับ (ด้านการวิเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น - เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก ความเข้าใจ เป็นระดับ การวิเคราะห์	26. พิจารณาชนิดของปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ต่อไปนี้ ข้อใดไม่ใช่ชนิดของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น (ด้านความเข้าใจ)	26. พิจารณาชนิดของปฏิกิริยาของสารอินทรีย์ต่อไปนี้ จากข้อมูลที่กำหนดให้ข้อใดไม่ใช่ชนิดของปฏิกิริยาที่ เกิดขึ้น (ด้านการวิเคราะห์)

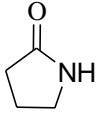
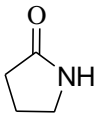
ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับข้อตัวเลือกให้สมบูรณ์มากขึ้น	27. ไฮโดรคาร์บอน A ทำปฏิกิริยากับคลอรีนในที่มืดสว่าง ให้ผลิตภัณฑ์เป็น..... ข้อใดถูก (ด้านการวิเคราะห์)	27. ไฮโดรคาร์บอน A ทำปฏิกิริยากับคลอรีนในที่มืดสว่าง ให้ผลิตภัณฑ์เป็น..... ข้อใดถูก (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากการวิเคราะห์ เป็นระดับความเข้าใจ	ก. สูตรโครงสร้างของสาร A คือ $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ข. ปฏิกิริยาระหว่างสาร A กับคลอรีนจะให้ผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งคือ HCl ค. จำนวนไอโซเมอร์ของสาร A ที่เป็นไปได้ทั้งหมดคือ 4 ง. สาร A นี้ฟอกสี $\text{KMnO}_4$ ที่เย็น	ก. สูตรโครงสร้างของสาร A คือ $\text{H}_3\text{C}-\underset{\text{CH}_3}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ ข. ปฏิกิริยาระหว่างสาร A กับคลอรีนจะให้ผลิตภัณฑ์อีกชนิดหนึ่งคือ HCl ค. สาร A มีโครงสร้างที่เป็นไปได้ทั้งหมด 4 ไอโซเมอร์ ง. สาร A นี้ฟอกสีโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ( $\text{KMnO}_4$ ) ที่เย็น
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	28. พิจารณาปฏิกิริยาของสาร A B C และ D ต่อไปนี้ ข้อสรุปใดถูก (ด้านความเข้าใจ)	28. พิจารณาปฏิกิริยาของสาร A B C และ D ต่อไปนี้ ข้อสรุปใดถูก (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความรู้-ความจำ เป็นระดับความเข้าใจ	29. พิจารณาสารอินทรีย์ต่อไปนี้ ข้อใดเป็นปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ (ด้านความรู้-ความจำ)	29. พิจารณาสารอินทรีย์ต่อไปนี้ ข้อใดเป็นปฏิกิริยาการเกิดเอสเทอร์ (ด้านความเข้าใจ)

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	30. A มีสูตรโมเลกุล $C_8H_{16}$ ทำปฏิกิริยากับโบรมีนเฉพาะเมื่อมีแสงสว่างเท่านั้น ข้อความใดผิด (ด้านความเข้าใจ)	30. สาร A มีสูตรโมเลกุล $C_8H_{16}$ ทำปฏิกิริยากับโบรมีนเฉพาะเมื่อมีแสงสว่างเท่านั้น ข้อความใด <u>ไม่ถูกต้อง</u> (ด้านความเข้าใจ)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	31. สารประกอบคู่ใดต่อไปนี้สามารถบอกความแตกต่างได้ โดยการทดสอบกับสารละลาย $KMnO_4$ ที่เจือจางและเย็น (ด้านความเข้าใจ)	31. สารประกอบคู่ใดต่อไปนี้สามารถบอกความแตกต่างได้ โดยการทดสอบกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต ( $KMnO_4$ ) ที่เจือจางและเย็น (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความรู้-ความจำ เป็นระดับความเข้าใจ	34. เมื่อนำเฮกเซน เฮกซีน เฮกไซน์ และเบนซีน อย่างละ 1 กรัม มาเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ..... (ด้านความรู้-ความจำ)	34. เมื่อนำเฮกเซน เฮกซีน เฮกไซน์ และเบนซีน อย่างละ 1 กรัม มาเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ..... (ด้านความเข้าใจ)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	35. แอลกอฮอล์ในข้อใดมีสมบัติเป็นกรดมากที่สุด (ด้านความรู้-ความจำ)	35. แอลกอฮอล์ในข้อใดมีสมบัติเป็นกรด <b>มากที่สุด</b> (ด้านความรู้-ความจำ)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	36. สารในข้อใด <u>ไม่ใช่</u> สารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (ด้านการวิเคราะห์)	36. สารในข้อใด <u>ไม่ใช่</u> สารอินทรีย์ที่มีฤทธิ์เป็นกรด (ด้านความเข้าใจ)

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก การวิเคราะห์ เป็นระดับ ความเข้าใจ		
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก ความเข้าใจ เป็นระดับ การวิเคราะห์	37. สารประกอบที่มีโครงสร้างตามข้อใดที่สามารถให้ ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชันออกมาได้ผลิตภัณฑ์ มากกว่า 1 แบบ (ด้านความเข้าใจ)	37. สารประกอบที่มีโครงสร้างตามข้อใดที่สามารถให้ ผลิตภัณฑ์จากปฏิกิริยาไฮเดรชันออกมาได้ผลิตภัณฑ์ มากกว่า 1 แบบ (ด้านการวิเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น	38. สารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่งมีโครงสร้าง 	38. สารประกอบอินทรีย์ชนิดหนึ่งมีโครงสร้าง 
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก การวิเคราะห์ เป็นระดับ ความเข้าใจ	ดังต่อไปนี้ ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารประกอบนี้ (ด้านการวิเคราะห์)	ดังต่อไปนี้ ข้อใดกล่าวได้ถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาของสารประกอบนี้ (ด้านความเข้าใจ)
- ปรับประโยคคำถามให้ สมบูรณ์มากขึ้น	39. สารอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_3H_6O$ ที่ไม่ทำ ปฏิกิริยากับโลหะ Na มีกี่ชนิด (ด้านการวิเคราะห์)	39. สารอินทรีย์ที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_3H_6O$ ที่ไม่ทำ ปฏิกิริยากับโลหะ Na มีกี่ชนิด (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จาก การวิเคราะห์ เป็นระดับ ความเข้าใจ		



ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น - เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความเข้าใจ เป็นระดับความรู้-ความจำ	40. สารประกอบที่มีโครงสร้างในข้อใดที่ <u>ไม่เกิดปฏิกิริยา</u> การเติมด้วย Br <sub>2</sub> แต่สามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาแทนที่ด้วย Br <sub>2</sub> ได้ด้วยแสง UV (ด้านความเข้าใจ)	40. สารประกอบที่มีโครงสร้างในข้อใดที่ <u>ไม่เกิดปฏิกิริยา</u> การเติมด้วย Br <sub>2</sub> แต่สามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาแทนที่ด้วย Br <sub>2</sub> ได้ด้วยแสง UV (ด้านความรู้-ความจำ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากการวิเคราะห์เป็นระดับความเข้าใจ	41. เมื่อนำยาแอสไพรินมาทำปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสด้วยกรดเพื่อตัดพันธะเอสเทอร์ออกจะได้ผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้.... โครงสร้างของแอสไพรินน่าจะเป็นอย่างไร (ด้านการวิเคราะห์)	41. เมื่อนำยาแอสไพรินมาทำปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสด้วยกรดเพื่อตัดพันธะเอสเทอร์ออกจะได้ผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้.... โครงสร้างของแอสไพรินน่าจะเป็นอย่างไร (ด้านความเข้าใจ)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	42. พิจารณาแผนภาพปฏิกิริยาต่อไปนี้ สูตรโมเลกุลของสารประกอบในข้อใดถูกต้อง (ด้านการสังเคราะห์)	42. พิจารณาแผนภาพปฏิกิริยาต่อไปนี้ สูตรโมเลกุลของสารประกอบในข้อใดถูกต้อง (ด้านการสังเคราะห์)

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามและตัวเลือกให้สมบูรณ์มากขึ้น	43. พิจารณาสารตั้งต้นสองชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันต่อไปนี้  ข้อใดไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างสารสองชนิดนี้ (ด้านการวิเคราะห์)	43. พิจารณาสารตั้งต้นสองชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่างกันต่อไปนี้  ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาระหว่างสารสองชนิดนี้ (ด้านการวิเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	44. ปฏิกิริยาข้อใดต่อไปนี้ ไม่เกิดปฏิกิริยา (ด้านความเข้าใจ)	44. ข้อใดต่อไปนี้ ไม่เกิดปฏิกิริยา (ด้านความเข้าใจ)
- ปรับประโยคคำถามและตัวเลือกให้สมบูรณ์มากขึ้น  - เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความรู้-ความจำเป็นระดับความเข้าใจ	45. แอลเคนต่อไปนี้ ข้อใดเรียงลำดับจุดเดือดได้ถูกต้อง (ด้านความรู้-ความจำ)  Octane, $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$ , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  ก. Octane > $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ > $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$  ข. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ > Octane > $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$	45. แอลเคนต่อไปนี้ ข้อใดเรียงลำดับจุดเดือดจากมากไปน้อยได้ถูกต้อง (ความเข้าใจ)  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ , $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$ , $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$  ก. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ > $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ > $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$  ข. $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ > $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$ > $(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3$

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
	<p>ก. Octane &gt; <math>(\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3 &gt;</math>  <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3</math></p> <p>ง. <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 &gt; (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3 &gt;</math>                      Octane</p>	<p>ก. <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 &gt; (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3 &gt;</math>  <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3</math></p> <p>ง. <math>\text{CH}_3\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 &gt; (\text{CH}_3)_3\text{C}-\text{C}(\text{CH}_3)_3 &gt;</math>                      Octane</p>
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	47. สารใดต่อไปนี้มีสมบัติเป็นอะโรมาติก (ด้านความรู้-ความจำ)	47. สารใดต่อไปนี้มีสมบัติเป็นอะโรมาติก (ด้านความรู้-ความจำ)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	48. ปฏิกิริยาเคมีต่อไปนี้มีข้อใดไม่เกิดปฏิกิริยา (ด้านการวิเคราะห์)	48. ข้อใดต่อไปนี้มีไม่เกิดปฏิกิริยา (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากการวิเคราะห์เป็นระดับความเข้าใจ		
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความเข้าใจเป็นระดับการวิเคราะห์	49. ข้อใดคือสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสมการดังแสดงต่อไปนี้ (ด้านความเข้าใจ)	49. ข้อใดคือสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากสมการดังแสดงต่อไปนี้ (ด้านการวิเคราะห์)




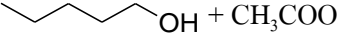
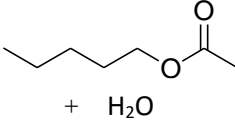
ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	50. พิจารณาปฏิกิริยาดังแสดงต่อไปนี้ สารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากปฏิกิริยาตรงกับสารในข้อใด (ด้านความเข้าใจ)	50. พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้ สารผลิตภัณฑ์ที่ได้ตรงกับสารในข้อใด (ด้านความเข้าใจ)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	51. พิจารณาปฏิกิริยาเคมีดังแสดงข้อใดถูกต้อง (ด้านการวิเคราะห์)	51. พิจารณาปฏิกิริยาเคมีดังแสดงข้อใดถูกต้อง (ด้านการวิเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	52. เมื่อนำซินนามาลดีไฮด์ (cinnamaldehyde) มาทำปฏิกิริยากับแก๊ส $H_2$ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า..... (ด้านการวิเคราะห์)	52. เมื่อนำซินนามาลดีไฮด์ (cinnamaldehyde) มาทำปฏิกิริยากับแก๊ส $H_2$ โดยมีตัวเร่งปฏิกิริยา พบว่า..... (ด้านการวิเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น	54. ปฏิกิริยาต่อไปนี้ข้อใดเป็นปฏิกิริยาการขจัดออก (Elimination) (ด้านความรู้-ความจำ)	54. ข้อใดต่อไปนี้ปฏิกิริยาการขจัดออก (Elimination) (ด้านความเข้าใจ)
- เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความรู้-ความจำเป็นระดับความเข้าใจ		

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น - เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความเข้าใจเป็นระดับการวิเคราะห์	55. จงเปรียบเทียบความเป็นเบสของเอมีนต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (ด้านความเข้าใจ)	55. จงเปรียบเทียบความเป็นเบสของเอมีนต่อไปนี้จากมากไปน้อย (ด้านการวิเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น - เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากความเข้าใจเป็นระดับการวิเคราะห์	56. จงเปรียบเทียบความเป็นเบสของเอมีนต่อไปนี้ให้ถูกต้อง (ด้านความเข้าใจ)	56. จงเปรียบเทียบความเป็นเบสของเอมีนต่อไปนี้จากมากไปน้อย (ด้านการวิเคราะห์)
- ปรับประโยคคำถามให้สมบูรณ์มากขึ้น - เปลี่ยนการวัดระดับความรู้จากการวิเคราะห์เป็นระดับความเข้าใจ	57. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง p-bromoaniline กับสารต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง (ด้านการวิเคราะห์)	57. ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากปฏิกิริยาระหว่าง p-bromoaniline กับสารต่อไปนี้ ข้อใดถูกต้อง (ด้านความเข้าใจ)

ตารางภาคผนวก ก-12 (ต่อ)

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
<p>- ปรับตัวเลือกให้สมบูรณ์มากขึ้น</p>	<p>58. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยา..... (ด้านความรู้-ความจำ)</p> <p>ก. เบนซีน + คลอรีน <math>\longrightarrow</math> คลอโรเบนซีน + ไฮโดรเจนคลอไรด์</p> <p>ข. อีเทน + โบรมีน <math>\longrightarrow</math> โบรมออีเทน + ไฮโดรเจนโบรมไนด์</p> <p>ค. เพนทานอล + แอซิดิก <math>\longrightarrow</math> เพนทิลแอซิด + น้ำ</p> <p>ง. เอทานอล + ออกซิเจน <math>\longrightarrow</math> คาร์บอนไดออกไซด์ + น้ำ</p>	<p>58. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยา..... (ด้านความรู้-ความจำ)</p> <p>ก.  + Cl<sub>2</sub> <math>\longrightarrow</math>  + HCl</p> <p>ข. C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> + Br<sub>2</sub> <math>\longrightarrow</math>  + HBr</p> <p>ค.  + CH<sub>3</sub>COOH <math>\longrightarrow</math>  + H<sub>2</sub>O</p> <p>ง. C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH + O<sub>2</sub> <math>\longrightarrow</math> CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O</p>

คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	ข้อความเดิม	ข้อความใหม่
<p>- ปรับตัวเลือกให้สมบูรณ์มากขึ้น</p>	<p>59. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification) (ด้านความรู้-ความจำ)</p> <p>ก. เมทิลฟอร์มเมต + น้ำ <math>\longrightarrow</math> ฟอร์มิก + เมทานอล</p> <p>ข. เพนทานอล + แอซติก <math>\longrightarrow</math> เพนทิลแอซติก + น้ำ</p> <p>ค. เอทิลีน + คลอรีน <math>\longrightarrow</math> ไดคลอโรอีเทน</p> <p>ง. เบนซีน + คลอรีน <math>\longrightarrow</math> คลอโรเบนซีน + ไฮโดรเจนคลอไรด์</p>	<p>59. ปฏิกิริยาใดต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน (esterification) (ด้านความรู้-ความจำ)</p> <p>ก. <math display="block">\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{O}-\text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{H}-\text{C}-\text{OH} \end{array} + \text{CH}_3\text{OH}</math></p> <p>ข. <math display="block">\begin{array}{c} \text{OH} \\   \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2 \end{array} + \text{CH}_3\text{COOH} \longrightarrow \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{O}-\text{C}-\text{CH}_3 \end{array} + \text{H}_2\text{O}</math></p> <p>ค. <math display="block">\begin{array}{c} \text{H} &amp; \text{H} \\ &amp; \backslash / \\ &amp; \text{C}=\text{C} \\ &amp; / \backslash \\ \text{H} &amp; \text{H} \end{array} + \text{Cl}_2 \longrightarrow \begin{array}{c} \text{H} &amp; \text{H} \\   &amp;   \\ \text{Cl}-\text{C} &amp; - &amp; \text{C}-\text{Cl} \\   &amp;   \\ \text{H} &amp; \text{H} \end{array}</math></p> <p>ง. <math display="block">\text{C}_6\text{H}_6 + \text{Cl}_2 \longrightarrow \text{C}_6\text{H}_5\text{Cl} + \text{HCl}</math></p>

## ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาวพิไลวรรณ พรรณขาม
วัน เดือน ปีเกิด	30 พฤษภาคม พ.ศ. 2534
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 15 หมู่ 12 ตำบลแสนสุข อำเภอพนมไพร จังหวัดร้อยเอ็ด 45140
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2557	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยขอนแก่น
พ.ศ. 2560	การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา