



การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียนห้องวิทยาศาสตร์  
ด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี

อารีรัตน์ มัฐผา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
พ.ศ. 2554  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียนห้องวิทยาศาสตร์  
ด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี

อารีรัตน์ มัฐผา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
พ.ศ. 2554  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

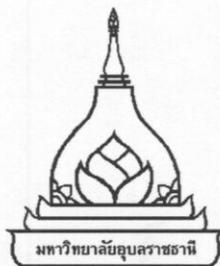


**ENHANCING HIGHER-ORDER THINKING SKILLS FOR  
SCIENCE CLASSROOM STUDENTS USING SCIENCE PROJECT-BASED  
IN ELECTROCHEMISTRY**

**ARREERAT MATAPHA**

**A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION  
FACULTY OF SCIENCE  
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY  
YEAR 2011**

**COPYRIGHT OF UBONRATCHATHANI UNIVERSITY**



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
ปริญญา วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียนห้องวิทยาศาสตร์ด้วยการเรียนรู้แบบ  
โครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

ผู้วิจัย นางสาวอารีรัตน์ มั่งภูผา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ดร.ชาญ อินทร์แต้ม)  
..... กรรมการ  
(ดร.เสนอ ชัยรัมย์)  
..... กรรมการ  
(ดร.สมปอง ศรีกัลยา)  
..... คณบดี  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ อินทรประเสริฐ)

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี รับรองแล้ว

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุทิศ อินทร์ประสิทธิ์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

ปีการศึกษา 2554

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับความกรุณาจาก ดร.ชาญ อินทร์แต้ม ดร.เสนอ ชัยรัมย์ อาจารย์ที่ปรึกษา ดร.สมปอง ศรีกล้า กรรมการสอบป้องกันวิทยานิพนธ์ คณะอาจารย์และเจ้าหน้าที่ในคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำ ข้อมูล ความรู้ และคำปรึกษาอย่างใกล้ชิดตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนชี้แนะแนวทางต่างๆ ในการแก้ปัญหา และปรับปรุงส่วนที่บกพร่องของวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาระดับปริญญาโทแก่นักศึกษาทุน โครงการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

ขอกราบขอบพระคุณผู้อำนวยการ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร พร้อมทั้งคณะครูอาจารย์ในโรงเรียนทุกๆ ท่าน ที่ให้ความร่วมมือ ตลอดจนอำนวยความสะดวกต่างๆ ด้วยดี

ขอขอบคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้สั่งสอนข้าพเจ้าตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาจนถึงปัจจุบัน ขอขอบคุณภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีทุกท่าน ขอขอบคุณบิดามารดา พี่น้องและเพื่อนๆ ที่ให้กำลังใจและคอยช่วยเหลือ ขอขอบคุณทุกท่านที่มีส่วนร่วมในวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วง



(นางสาวอารีรัตน์ มัฐผา)

ผู้วิจัย

## บทคัดย่อ

ชื่อเรื่อง : การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียนห้องวิทยาศาสตร์ ด้วยการเรียนรู้แบบ  
โครงการวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

โดย : อารีรัตน์ มัฐผา

ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา

ประธานกรรมการที่ปรึกษา : ดร.ชาญ อินทร์เต็ม

ศัพท์สำคัญ : ทักษะการคิดขั้นสูง นักเรียนห้องวิทยาศาสตร์ โครงการวิทยาศาสตร์ ไฟฟ้าเคมี

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยในครั้งนี้ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง 4 ประการ คือ ทักษะการ  
คิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดสังเคราะห์ ทักษะการคิดวิจารณ์ และทักษะการคิดสร้างสรรค์  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตลอดจนศึกษาความก้าวหน้าของทักษะการคิดและความก้าวหน้าทางการ  
เรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ โครงการวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียน  
ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร จังหวัด  
มุกดาหารที่กำลังเรียนวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบทดสอบ  
วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิด  
ขั้นสูง และแบบวัดระดับความพึงพอใจ จากการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าของทักษะ  
การคิดวิเคราะห์ เท่ากับ 0.36 ทักษะการคิดสังเคราะห์ เท่ากับ 0.37 ทักษะการคิดวิจารณ์ เท่ากับ  
0.31 และทักษะการคิดสร้างสรรค์ เท่ากับ 0.61 อยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่าความถี่ของ  
พฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียนส่วนใหญ่มีร้อยละของทักษะการคิดสร้างสรรค์สูง  
กว่าทักษะการคิดด้านอื่น โดยคิดเป็นร้อยละ 88.33 ส่วนทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์  
และการคิดวิจารณ์ คิดเป็นร้อยละ 75.97, 71.67 และ 63.47 ตามลำดับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 มีความก้าวหน้าทางการเรียน เท่ากับ  
0.71 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับพึงพอใจมากที่สุดที่ 3.86

**ABSTRACT**

**TITLE** : ENHANCING HIGHER-ORDER THINKING SKILLS FOR SCIENCE  
CLASSROOM STUDENTS USING SCIENCE PROJECT-BASED IN  
ELECTROCHEMISTRY

**BY** : ARREERAT MATAPHA

**DEGREE** : MASTER OF SCIENCE

**MAJOR** : SCIENCE EDUCATION

**CHAIR** : CHAN INNTAM, Dr.rer.nat.

**KEYWORDS** : HIGHER-ORDER THINKING SKILLS / SCIENCE CLASSROOM / SCIENCE  
PROJECT-BASED / ELECTROCHEMISTRY

The research aimed to enhance higher-order thinking skills (analytical thinking, synthetic thinking, critical thinking and creative thinking skills) for science classroom students in chemistry subject by using science project-based learning. The target group was students from grade 10 students, who were studying in content of electrochemistry from Princess Chulabhorn's College Mukdahan School, Mukdahan Province. The research instruments consisted of the academic achievement test, higher-order thinking test 4 kinds, higher-order thinking observation and the level of satisfaction. The results showed that the students developed analytical thinking skills (average normalized gain) equal to 0.36, synthetic thinking skills equal to 0.37, critical thinking skills equal to 0.31 and creative thinking skills equal to 0.61 in the medium. It also found that the percentages of students behaviors were higher-order thinking skills, 88.33 percent of creative thinking behavior. Analytical thinking, critical thinking, synthetic thinking skills were 75.97, 71.67 and 63.47 percent, respectively. There was statistically significant mean difference between the pre-test and post-test at significant level of .05. The class average normalized gain was in the medium gain  $\langle g \rangle = 0.71$ . The students were rated the developed learning process as a very suitable at 3.86

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่	
<b>1 บทนำ</b>	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย	3
1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	6
<b>2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	
2.1 การคิด	7
2.2 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิด	13
2.3 การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมการคิดวิเคราะห์	14
2.4 การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมการคิดสังเคราะห์	17
2.5 การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมการคิดวิจารณ์	19
2.6 การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์	22
2.7 การเรียนแบบโครงงาน	30
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	43

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
<b>3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>	
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	50
3.2 ตัวแปรในการวิจัย	50
3.3 รูปแบบแผนการวิจัย	50
3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	50
3.5 ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	55
3.6 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล	61
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้	63
<b>4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	
4.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความก้าวหน้าของทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน	67
4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนกับหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	72
4.3 ศึกษาทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน จากชิ้นงาน โดยเสนอข้อมูลในรูปความเรียง	73
4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	82
<b>5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	
5.1 สรุปผลการวิจัย	84
5.2 ข้อเสนอแนะ	84
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	<b>86</b>

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	กิจกรรมและสื่อที่ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะการคิดขั้นสูง	53
3.2	ขั้นตอนการใช้สื่อการเรียนสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นทักษะการคิด	54
4.1	ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และความก้าวหน้าของทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน	68
4.2	ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากคะแนนทักษะการคิดก่อนเรียนและหลังเรียน	69
4.3	ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนและหลังเรียน	72
4.4	ความก้าวหน้าเฉลี่ย (average normalized gain ; <g>) ของกลุ่มตัวอย่าง	72
4.5	ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนแบบ โครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	82
ฉ.1	ผลการหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิด การทดลองแบบเดี่ยว : 3 คน	144
ฉ.2	ผลการหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิด การทดลองแบบเดี่ยว : 9 คน	145
ฉ.3	คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิด การทดลองกลุ่มตัวอย่าง	146
ช.1	ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาเคมี ท่าน 3 ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	148
ช.2	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากรายข้อและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของข้อสอบแบบอิงกลุ่ม	151
ช.3	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากรายข้อและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของข้อสอบแบบอิงเกณฑ์	154

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
๗.1	ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี	157
๘.1	ความถี่ที่พบในการสังเกตพฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน สังเกตก่อนเรียน	160
๘.2	ความถี่ที่พบในการสังเกตพฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน สังเกตหลังเรียน	162
๙.1	ดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบ โครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี วิชาเคมี	165
๙.2	ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามความพึงพอใจและความเชื่อมั่นแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานวิทยาศาสตร์	166
๑๐.1	ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี วิชาเคมี	168

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	ความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบในกระบวนการคิดทั้ง 10 ลักษณะ	9
2.2	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โครงการประเภท Guided project	34
2.3	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โครงการประเภท Less-guided project	35
2.4	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โครงการประเภท Unguided project	36
3.1	ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	56
3.2	ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูง	58
3.3	ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ	60
3.4	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	62
4.1	ร้อยละของคะแนนการประเมินทักษะแบบรวมทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน ก่อนเรียนและหลังเรียน	67
4.2	ค่า normalized gain <math>\langle g \rangle</math> ของคะแนนประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ด้านการคิด วิเคราะห์ แยกเป็นรายบุคคล	70
4.3	ค่า normalized gain <math>\langle g \rangle</math> ของคะแนนประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ด้านการคิด สังเคราะห์ แยกเป็นรายบุคคล	70
4.4	ค่า normalized gain <math>\langle g \rangle</math> ของคะแนนประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ด้านการคิด วิจารณ์ แยกเป็นรายบุคคล	71
4.5	ค่า normalized gain <math>\langle g \rangle</math> ของคะแนนประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ด้านการคิด สร้างสรรค์ แยกเป็นรายบุคคล	71
4.6	ค่า normalized gain <math>\langle g \rangle</math> ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี แยกเป็น รายบุคคล	73
4.7	ชิ้นผลงานการตอบคำถามใบกิจกรรมที่ 2 คู่เหมือนที่แตกต่าง สื่อประกอบ การจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก	74
4.8	ชิ้นผลงานการตอบคำถาม ตอนที่ 1 ใบกิจกรรมที่ 1 ทำไมอย่างไร สื่อประกอบ การจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก	75
4.9	ชิ้นผลงานการตอบคำถาม ตอนที่ 2 ใบกิจกรรมที่ 1 ทำไมอย่างไร สื่อประกอบ การจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก	76

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4.10	ชิ้นผลงานการตอบคำถาม ใบกิจกรรมที่ 1 ทางเดินของอิเล็กตรอน สื่อประกอบ การจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์	77
4.11	ชิ้นผลงานการออกแบบ โครงงานวิทยาศาสตร์ ใบงานที่ 1 สื่อประกอบการจัด กิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก	78
4.12	ตัวอย่างชิ้นผลงานการออกแบบ โครงงานเรื่องเซลล์ปลากะป๋อง แบบที่ 1	79
4.13	ตัวอย่างชิ้นผลงานการออกแบบ โครงงานเรื่องเซลล์ปลากะป๋อง แบบที่ 2	79
4.14	ตัวอย่างชิ้นผลงานจากการทดลอง 1 : การสร้างศิลปะเส้นสีด้วยกระแสไฟฟ้า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ของกลุ่มที่ 2	80
4.15	ตัวอย่างชิ้นผลงานจากการทดลอง 1 : การสร้างศิลปะเส้นสีด้วยกระแสไฟฟ้า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ของกลุ่มที่ 7	80
ญ.1	วีดิทัศน์ เรื่อง How to charge an i-pod with fruits ชิ้นสร้างความสนใจ แผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก	170
ญ.2	วีดิทัศน์ เรื่อง potato battery ชิ้นสร้างความสนใจ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก	170
ญ.3	ชิ้นสำรวจ และค้นหา การทดลองที่ 1 การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก แผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก กลุ่มที่ 5	171
ญ.4	ชิ้นอภิปราย และลงข้อสรุป การทดลองที่ 1 การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัล วานิกแผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก กลุ่มที่ 7	171
ญ.5	ชิ้นขยายความรู้ การทดลองที่ 1 การสร้างศิลปะเส้นสีด้วยกระแสไฟฟ้า แผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์อิเล็กโทรไลต์ กลุ่มที่ 2	172
ญ.6	ชิ้นขยายความรู้ ใบงานที่ 1 เรื่อง การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉาย ด้วยวัสดุอื่น แผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก กลุ่มที่ 1	172

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

รายงานการผลการประเมินคุณภาพและมาตรฐานทางการศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานของประเทศในภาพรวมประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 – 2550 ของสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์การมหาชน) หรือ สมศ. ได้ดำเนินการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษา ระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานรอบสอง ซึ่งในการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสองเป็นการประเมินเพื่อรับรองมาตรฐานการศึกษา จากการประเมินสถานศึกษาในปีงบประมาณ พ.ศ. 2549 – 2550 จำนวนทั้งสิ้น 15,601 แห่ง พบปัญหาและอุปสรรคในการประเมินคุณภาพและมาตรฐานทางการศึกษา มีดังนี้

(1) สถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ความเข้าใจในเรื่องการประกันคุณภาพภายในและยังไม่ได้บูรณาการเรื่องการประกันคุณภาพภายในเข้ามาในการปฏิบัติงาน

(2) จากผลการประเมินคุณภาพภายนอกในด้านผู้เรียน ส่วนใหญ่จะไม่ได้มาตรฐานในมาตรฐานที่ 4 เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดไตร่ตรองและมีวิสัยทัศน์ มาตรฐานที่ 5 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมาตรฐานที่ 6 ทักษะการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ในด้านครู ส่วนใหญ่จะไม่ได้ในมาตรฐานที่ 9 เป็นเรื่องเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ในส่วนของมาตรฐานด้านผู้บริหาร พบว่าผู้บริหารส่วนใหญ่จะต้องพัฒนาในเรื่องงานวิชาการให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งผลการประเมินจะสะท้อนได้ในมาตรฐานที่ 12 เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

และจากรายงานสรุปผลการประเมินคุณภาพภายนอกของสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร ในรายการประเมินทั้งหมด 14 มาตรฐาน พบว่ามีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก 12 มาตรฐาน ยกเว้นมาตรฐานที่ 4 เกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ และมาตรฐานที่ 5 ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี เพื่อเป็นการยกระดับมาตรฐานดังกล่าว ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะพัฒนาทักษะกระบวนการคิดขั้นสูง และจากนโยบายการปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย โดยสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติสรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการปรับปรุงคุณภาพการเรียนรู้อิวิทยาศาสตร์

ในทุกระดับการศึกษา การปลูกฝังจิตวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้ผลเต็มที่ รวมทั้งขาดโอกาสในการฝึกทักษะการคิดซึ่งเป็นหัวใจของการเรียนวิทยาศาสตร์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544 : 27 – 34) และ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2544 : 3) เน้นความสามารถทางสติปัญญาที่จำเป็นต้องพัฒนานักเรียน คือ ทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งประกอบด้วย ความคิดวิเคราะห์ ความคิดวิพากษ์วิจารณ์ความคิดสร้างสรรค์ ความคิดอย่างเป็นเหตุผล และความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และได้กำหนดวิสัยทัศน์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้ได้รับทั้งความรู้ กระบวนการ และเจตคติจากปัญหาและแนวคิดด้านคุณภาพการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ดังกล่าว และประกอบกับปัจจุบันเป็นยุคปฏิรูปการศึกษา หลักสูตรสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้จัดเป็นหลักสูตรแบบอิงมาตรฐาน จึงจำเป็นต้องพัฒนานักเรียนให้บรรลุมาตรฐาน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการจัดการศึกษาสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้เป็นกระบวนการหนึ่งของการพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนรู้ และมีหลักสำคัญที่มุ่งสู่การพัฒนาความคิด การคิดที่เน้นให้นักเรียนได้ตระหนักรู้และสะท้อนความคิดความสามารถของตนเอง (สำนักงานพัฒนาหลักสูตร, 2550) โดยที่คุณภาพของการจัดหลักสูตรที่อิงมาตรฐาน เน้นให้นักเรียนได้ทำชิ้นงาน หรือการมอบภาระงานจะสะท้อนถึงความสำเร็จของการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับมาตรฐาน ดังนั้นการจัดการกิจกรรมการค้นคว้าในลักษณะให้นักเรียนได้ทำเป็นชิ้นงานจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่จะส่งผลต่อการพัฒนาการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการศึกษางานวิจัยการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของสายยนต์ สิงห์ศรี (2548) พบว่า นักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดขั้นสูงและคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด โครงการนี้เป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนแบบกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนลงมือ ซึ่งโครงการเป็นฐาน (Project - Based Learning) จึงถือได้ว่าเป็นกลวิธีที่ให้นักเรียนจะได้ฝึกการวางแผน ฝึกการจัดการและประเมินผล โครงการที่เชื่อมโยงการเรียนรู้ในบทเรียนให้เข้ากับชีวิตจริงอย่างผสมกลมกลืน นั่นคือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงการวิทยาศาสตร์เป็นฐานจะเป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างชิ้นงานหรือเกิดภาระงานที่เห็นอย่างเป็นรูปธรรมสามารถประเมินผลสัมฤทธิ์ของการเรียนตามมาตรฐานการเรียนรู้ได้อย่างชัดเจน และจากการศึกษา จัดการเรียนการสอนโดยใช้โครงการเป็นฐานเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และการทำโครงการวิจัยเป็นทีม ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้มีทักษะการค้นคว้า นำเสนอข้อมูล สอดคล้องกับงานวิจัยของ Robin Wright และ James Boggs (2002)

ที่พบว่าการเรียนรู้ผ่านการทำโครงการวิจัยเป็นทีมมีประโยชน์พิเศษเฉพาะตัวทั้งต่อตัวนักเรียนและครูผู้สอน มากกว่าการเรียนแบบบรรยายการวิจัยเพื่อพัฒนา

จากข้อมูลงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการฝึกและพัฒนาทักษะความคิดประเภทต่างๆ สามารถทำได้หลายรูปแบบ ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยมุ่งที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง สำหรับนักเรียนพิเศษตามโครงการห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ทั้งสิ้น 12 แห่ง ทั่วประเทศ และโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ เพื่อเป็นการพัฒนาทักษะการคิดระดับสูงและส่งเสริมการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพและเต็มตามศักยภาพของผู้เรียนต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ในวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

1.2.2 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์

1.2.3 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

## 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 นักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์มีทักษะการคิดขั้นสูง ในวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05

1.3.2 นักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับ .05

1.3.3 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบใช้โครงการวิทยาศาสตร์ ในวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมีอยู่ในระดับมาก

## 1.4 นิยามศัพท์เฉพาะ

**1.4.1 จัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ (Science Project- Based)** คือการจัดการเรียนรู้ที่จัดประสบการณ์ในการปฏิบัติงานให้แก่ผู้เรียนเหมือนกับการทำงานในชีวิตจริงอย่างมีระบบ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรง ได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้ทำการทดลอง ได้พิสูจน์สิ่งต่างๆ ด้วยตนเอง รู้จักการวางแผนการทำงาน ฝึกการเป็นผู้นำ ผู้ตาม ตลอดจนได้พัฒนากระบวนการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) และการประเมินตนเอง โดยประกอบด้วยโครงงานแบ่งตามลักษณะของกิจกรรมตามแผนจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมี 3 ประเภท คือ

1.4.1.1 โครงงานประเภททดลอง (Experimental Research Project)

1.4.1.2 โครงงานประเภทสิ่งประดิษฐ์ (Development Research Project)

1.4.1.3 โครงงานประเภททฤษฎี (Theoretical Research Project)

**1.4.2 ทักษะการคิดขั้นสูง (Higher-Order Thinking)** หมายถึงการคิดที่เกิดขึ้นอย่างซับซ้อนและมีขั้นตอนการคิดหลายขั้นตอน โดยอย่างน้อยมีขั้นตอนการคิดตั้งแต่ 2 ขั้นตอนขึ้นไปในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ กระบวนการคิด (Process of Thinking) 4 ประการ ดังนี้ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดวิจารณ์ และการคิดสร้างสรรค์

**1.4.3 การคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking)** หมายถึง การจำแนกแยกแยะสิ่ง เรื่อง ข้อมูลต่างๆ เพื่อหาส่วนประกอบหรือองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อช่วยให้เกิดความเข้าใจในเรื่องนั้น สามารถหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล มาอธิบายเรื่องนั้น และสามารถประเมินและตัดสินใจเลือกสิ่งที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ โดยมีตัวบ่งชี้ทักษะดังนี้ สามารถระบุวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์

1.4.3.1 สามารถรวบรวมและศึกษาข้อมูล เรื่อง สิ่งที่วิเคราะห์

1.4.3.2 สามารถกำหนดเกณฑ์ในการวิเคราะห์

1.4.3.3 สามารถแยกแยะข้อมูลได้ตามเกณฑ์และระบุงองค์ประกอบของสิ่งที่

วิเคราะห์

1.4.3.4 สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งที่

วิเคราะห์

1.4.3.5 สามารถนำเสนอผลการวิเคราะห์

1.4.3.6 สามารถนำผลการวิเคราะห์มาใช้ในการตอบคำถามตามวัตถุประสงค์

**1.4.4 การคิดสังเคราะห์ (Synthesis Thinking)** หมายถึง การนำข้อมูล ความรู้ที่ผ่านการวิเคราะห์มาแล้ว หรือการนำองค์ประกอบ ส่วนประกอบของสิ่ง เรื่องต่างๆ มาผสมผสานรวมกัน อย่างกลมกลืน สร้างเป็นสิ่งใหม่ ที่มีลักษณะ เอกลักษณะ คุณสมบัติเฉพาะที่แตกต่างไปจากเดิม โดยมีตัวบ่งชี้ทักษะดังนี้

- 1.4.4.1 สามารถกำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งใหม่ที่ต้องการสร้าง
- 1.4.4.2 สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
- 1.4.4.3 สามารถเลือกข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างสิ่งใหม่ให้ได้ตามวัตถุประสงค์
- 1.4.4.4 สามารถจัดทำกรอบแนวคิดในการสร้างสิ่งใหม่
- 1.4.4.5 สามารถสร้างสิ่งใหม่ให้ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้
- 1.4.4.6 สามารถนำเสนอและอธิบายสิ่งใหม่ที่สร้างขึ้นให้ผู้อื่นเข้าใจ และเห็นถึงลักษณะ เอกลักษณะ คุณสมบัติเฉพาะของสิ่งนั้น

**1.4.5 การคิดวิจารณ์ (Critical Thinking) หรือ การคิดเชิงวิพากษ์** คือกระบวนการคิดอย่างรอบคอบ เพื่อให้ได้ความคิด คำตอบที่ดีที่สุดที่มีความสมเหตุสมผล น่าเชื่อถือ ผ่านการพิจารณาและประเมินข้อมูล ข้อเท็จจริง และ ความคิดเห็นอย่างรอบด้าน ทั้งทางกว้าง ลึก และ ไกล รวมทั้งพิจารณา กลั่นกรอง ทั้งคุณและโทษ และคุณค่าที่แท้จริงของเรื่อง โดยมีตัวบ่งชี้ทักษะดังนี้

- 1.4.5.1 สามารถระบุประเด็นที่คิด
- 1.4.5.2 สามารถประมวลข้อมูล ทั้งทางด้านข้อเท็จจริงและความคิดเห็นที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่คิด ทั้งทางกว้าง ลึก และ ไกล
- 1.4.5.3 สามารถวิเคราะห์ข้อมูล และเลือกข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการหาคำตอบ
- 1.4.5.4 สามารถประเมินข้อมูลที่ใช้ในการคิด
- 1.4.5.5 สามารถแสวงหาทางเลือก คำตอบที่มีความเหมาะสม
- 1.4.5.6 สามารถประเมินทางเลือก และเลือกทางเลือก/คำตอบที่เหมาะสมที่สุด

**1.4.6 การคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)** หมายถึง การคิดในทางที่ทำได้ดีขึ้นหรือ การคิดสร้างสิ่งใหม่ ที่มีลักษณะใหม่ (new) แตกต่างไปจากเดิมและเป็นความคิดต้นแบบ (original) ที่ใช้งานได้จริง ได้ผลดีกว่าของเดิม และสมเหตุสมผลที่คนทั่วไปยอมรับได้ โดยมีตัวบ่งชี้ทักษะดังนี้

- 1.4.6.1 สามารถกำหนดเป้าหมายในการคิดสร้างสรรค์
- 1.4.6.2 สามารถประมวล ทบทวนความรู้หรือข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่คิดหรือสามารถจินตนาการความคิดแปลกใหม่ๆ

1.4.6.3 สามารถใช้เทคนิคต่างๆ ในการขยายขอบเขตความคิดใหม่ๆ จนได้ความคิดหลากหลายที่จะนำไปใช้ในการสร้างสิ่งใหม่

1.4.6.4 สามารถประเมินและคัดเลือกความคิด เพื่อนำไปใช้ในการสร้างสิ่งใหม่

1.4.6.5 สามารถสร้างสิ่งใหม่ที่เป็นความคิดค้นแบบ สามารถใช้การได้และได้ผลดีกว่าของเดิม

1.4.6.6 สามารถนำเสนอและอธิบายสิ่งใหม่ที่สร้างขึ้น

1.4.7 ความก้าวหน้าทางการเรียน หมายถึง ความรู้ของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนและหลัง โดยใช้แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1.4.8 ความพึงพอใจ หมายถึง พอใจ ชอบใจ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542) ความพึงพอใจ หมายถึงความรู้ที่มีความสุขหรือความพอใจเมื่อได้รับความสำเร็จ หรือได้รับสิ่งที่ต้องการ และมีความสุขที่ความต้องการหรือเป้าหมายที่ตั้งใจไว้บรรลุผลหรือสมหวังนั่นเอง สำหรับนักเรียนแล้วก็ การเรียนแบบโครงการวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ก็ย่อมจะมีความต้องการหรือความคาดหวังว่า การจัดการเรียนการสอนแบบโครงการวิทยาศาสตร์สามารถช่วยให้ตัวเองสามารถเข้าใจบทเรียนได้ คืบคลานหรือ ได้ผลการเรียนดีขึ้นนั่นเอง ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบสอบถามความพึงพอใจ หรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

## 1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.5.1 เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงด้านอื่นๆ ของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.2 เป็นแนวทางในการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอย่างมีประสิทธิภาพ

1.5.3 เพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงและพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิชาอื่นๆ ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงสำหรับนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ด้วยการเรียนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎีต่างๆ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีต่างๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ดังเอกสารและรายงานวิจัยในหัวข้อต่างๆ ดังนี้

#### 2.1 การคิด (Thinking)

##### 2.1.1 ทฤษฎีการคิด

Beyer (1987) ได้กล่าวว่า "การคิด" คือ การค้นหาความหมาย ผู้ที่คิดคือผู้ที่กำลังค้นหาความหมายของอะไรบางอย่าง นั่นคือกำลังใช้สติปัญญาของตนเอง ทำความเข้าใจกับการนำความรู้ใหม่ที่ได้รับรวมเข้ากับความรู้ดั้งเดิมหรือประสบการณ์ที่มีอยู่ เพื่อหาคำตอบว่าคืออะไร หรือการเอาข้อมูลที่เพิ่งรับเข้ามาใหม่ ไปรวมกับข้อมูลเก่าที่รำลึกได้ เพื่อสร้างเป็นความคิดอ่านหรือข้อตัดสินใจ

Dewey (1933) ได้ให้แนวคิดเกี่ยวกับความสำคัญของการคิดว่าเป็นสิ่งที่มีคุณค่า เพราะการคิดช่วยให้คนได้มองเห็นภาพปัญหาต่างๆ ในอนาคตซึ่งจะช่วยให้บุคคลได้คิดหาแนวทางในการหลีกเลี่ยงหรือป้องกันได้และการคิดช่วยขยายความหมายของสิ่งต่างๆ ใน โลกได้ และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากการคิดคือ คนจะมีการปฏิบัติหรือการกระทำตามที่เขาคิดถึงแม้ว่ามันจะถูกหรือผิดก็ตาม เนื่องจากการคิดมีพลังอำนาจ จึงต้องการการควบคุม โดยได้แนะนำวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการช่วยรักษาความคิดให้เป็นไปอย่างถูกต้อง โดยมีการควบคุมเงื่อนไขภายใต้การสังเกต และการสรุปความคิดตามสิ่งที่เกิดขึ้นและได้มีการทบทวนแนวคิด โดยกล่าวว่า สิ่งที่บุคคลรู้จะเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้เกิดกระบวนการคิดครั้งแรกแล้วจึงนำไปสู่การคิดในสิ่งอื่นๆ ซึ่งก่อให้เกิดความสมบูรณ์ของกระบวนการคิดนั้น

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2547) การคิดเป็นผลจากการทำงานของสมองในการก่อรูป (Formulate) บางสิ่งบางอย่างขึ้นในมโนคติ (Mind) ผ่านการทำงานของระบบการรับรู้ทางจิต (Cognitive system) โดยในบางส่วนของความคิดจะทำหน้าที่แยกแยะการกระทำและความรู้ตีผ่านกระบวนการทางความคิดอันนำไปสู่พฤติกรรมที่ตอบสนองสถานการณ์นั้น การคิดเป็นเรื่องสำคัญ

เป็นจินตนาการ หวนรำลึก ใช้เหตุผล และแก้ไขปัญญา นอกจากนั้นแล้วยังเสริมเกี่ยวกับสิ่งที่ทำให้คนเราคิดพอกว่าสรุปได้ดังนี้

(1) การคิดเกี่ยวข้องกับความรู้ เพราะความรู้จะทำให้เราคิด และหากไม่มีก็จะเป็นเรื่องยากที่จะอยู่รอด

(2) ความต้องการสิ่งแปลกใหม่ กระตุ้นให้คิด เพราะมนุษย์ไม่ได้ยึดติดกับสิ่งเดิม และพยายามหาสิ่งใหม่อยู่เสมอ ทั้งนี้ เพื่อเปลี่ยนแปลงไปสู่สิ่งที่ดีกว่า

(3) ความสงสัย กระตุ้นให้คิด โดยเกิดการเรียนรู้ อยากรู้ อยากเห็น เพื่อการคลี่คลายคำถามที่มีอยู่นั้นให้หมดสิ้นไป

(4) สภาพปัญหา กระตุ้นให้คิด เพื่อหาทางออกของปัญหา หรือการแก้ไขเปลี่ยนแปลงให้ดีกว่าเดิม จนสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปได้

สุวิทย์ มูลคำ (2547) ให้แนวความคิดว่าเป็นกลไกของสมองที่เกิดขึ้นตลอดเวลาซึ่งเป็นไปตามธรรมชาติของมนุษย์ที่ใช้ในการสร้างแนวความคิดรวบยอดด้วยการจำแนกความแตกต่าง การจัดกลุ่มและการกำหนดชื่อเรื่องเกี่ยวกับข้อเท็จจริงที่ได้รับ กระบวนการที่ได้รับในการแปลความหมายของข้อมูล รวมทั้งการสรุปอ้างอิงด้วยการจำแนกรายละเอียด การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้รับ ซึ่งข้อมูลที่น่ามาใช้ อาจเป็นความจริงที่สัมผัสได้หรือเป็นเพียงจินตนาการที่ไม่อาจสัมผัสได้ตลอดจนเป็นกระบวนการที่นำกฎเกณฑ์ต่างๆ ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างมีเหตุผลและเหมาะสม การคิดเป็นผลที่เกิดขึ้นจากการที่สมองถูกรบกวนจากสิ่งแวดล้อม สังคมรอบตัวและประสบการณ์ดั้งเดิมของมนุษย์

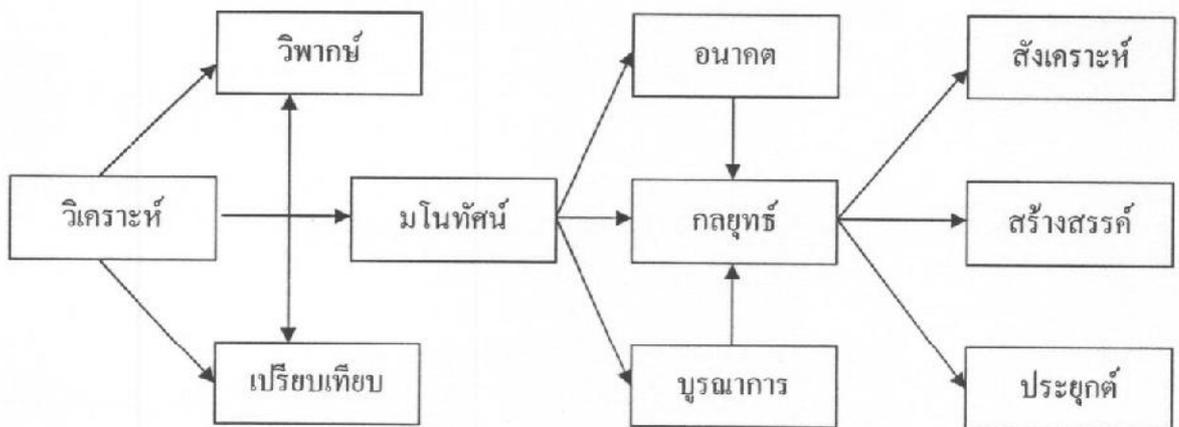
ชาติ แจ่มนุช (2545) กล่าวว่า การคิดเป็นกระบวนการทำงานของสมองโดยใช้ประสบการณ์มาสัมผัสกับสิ่งเร้าและข้อมูลหรือสิ่งแวดล้อมเพื่อแก้ปัญหา แสวงหาคำตอบ ตัดสินใจ หรือสร้างสรรค์สิ่งใหม่ พฤติกรรมที่เกิดในสมองเป็นนามธรรมไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า การที่จะรู้ว่ามีมนุษย์คิดอย่างไร คิดอะไร จึงต้องสังเกตจากพฤติกรรมที่แสดงออกหรือคำพูดที่พูด

ดังนั้นการคิด (Thinking) จึงหมายถึง การที่คนคนหนึ่งพยายามใช้พลังทางสมองของตน ในการนำเอาข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ ที่มีอยู่มาจัดวางอย่างเหมาะสม เพื่อให้ได้มาซึ่งผลลัพธ์ ความสามารถในการคิด ทำให้มนุษย์มีความเป็นมนุษย์ ที่มีความแตกต่างจากสัตว์ สามารถแก้ปัญหาให้กับตนเองได้ สามารถคิดสร้างสรรค์เรื่องทันท่วงที สร้างสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ได้ สามารถสร้างความสุข ให้กับตนเอง และปกป้องตนเองให้พ้นจากภัยธรรมชาติได้ การคิด ทำให้คนไม่ถูกหลอก ด้วยการตีความ หรือยอมรับการตีความข้อมูลอย่างผิดๆ และไม่เชื่อถือสิ่งต่างๆ อย่างง่ายๆ แต่จะวินิจฉัยใคร่ครวญ และพิสูจน์ความจริง อย่างรอบคอบ ก่อนตัดสินใจเลือก

### 2.1.2 ลักษณะการคิด

ลักษณะของการคิดมี 10 ลักษณะ คือ

- (1) การคิดเชิงวิพากษ์ (Critical Thinking)
- (2) การคิดเชิงวิเคราะห์ (Analytical Thinking)
- (3) การคิดเชิงสังเคราะห์ (Synthesis Thinking)
- (4) การคิดเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Thinking)
- (5) การคิดเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Thinking)
- (6) การคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)
- (7) การคิดเชิงประยุกต์ (Applicative Thinking)
- (8) การคิดเชิงกลยุทธ์ (Strategic Thinking)
- (9) การคิดเชิงบูรณาการ (Integrative Thinking)
- (10) การคิดเชิงอนาคต (Futuristic Thinking)



ภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบในกระบวนการคิดทั้ง 10 ลักษณะ

#### 2.1.2.1 การคิดเชิงวิพากษ์ หรือวิจารณ์ (Critical Thinking)

การคิดเชิงวิพากษ์ หรือวิจารณ์ คือกระบวนการรับรู้ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสะท้อนความคิดที่มีเหตุผล และการอดทน (ต่อการหาความกระจ่าง) ในความคลุมเครือไม่ชัดเจนซึ่งมีลักษณะประจำคั้งนี้ มีวินัยและชี้หน้าตนเอง หันเหไปทางการสืบค้น วิเคราะห์และวิจารณ์ ใช้วิธีแก้ไขปัญหามากหลายมิติและหลายตรรกะมากกว่าการแก้แบบมิติเดียว ตรรกะเดียว หรือใช้ความรู้คิดยาวไปทางเดียว จะต้องใช้ความสามารถสร้างทางเลือกหลายทางที่นำไปสู่การชั่งใจตัดสินใจที่ปราศจากการเอนเอียง

### 2.1.2.2 การคิดเชิงวิเคราะห์ (Analytical Thinking)

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2547) กล่าวว่า "การคิดเชิงวิเคราะห์ ช่วยให้เราเข้าใจหลักการวิเคราะห์และนำไปใช้วิเคราะห์ทุกๆ สถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิต สามารถอ่านสิ่งต่างๆ ที่เกิดขึ้นรอบตัวได้อย่างทะลุปรุโปร่งช่วยในการดำเนินชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี และสามารถนำหลักแนวคิดวิธีการไปใช้ในการปฏิบัติหน้าที่ อันจะเป็นประโยชน์ต่อตนเองและองค์กรต่อไปในอนาคต"

ไสว ผักขาว (2547) กล่าวว่า การคิดเชิงวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแจกแจงองค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งและหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้นจะเห็นว่าความสามารถในการคิดเชิงวิเคราะห์นั้นมีความจำเป็นต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของคนเราอย่างมาก นอกจากนี้ยังกล่าวไว้ว่า นักคิดเชิงวิเคราะห์ที่ดีหรือไม่นั้นมียุทธศาสตร์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ

(1) ความสามารถในการตีความ ซึ่งหมายถึง ความพยายามที่จะทำความเข้าใจและให้เหตุผลแก่สิ่งที่เราต้องการจะวิเคราะห์เพื่อแปลความหมายสิ่งที่ไม่ปรากฏของสิ่งนั้น ซึ่งแต่ละคนอาจใช้เกณฑ์ต่างกัน เช่น จากความรู้เดิม จากประสบการณ์ หรือจากข้อเขียนของคนอื่น

(2) ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ ผู้วิเคราะห์จะต้องมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์ดีพอเสียก่อนไม่เช่นนั้นจะกลายเป็นการใช้ความรู้สึกส่วนตัว

(3) ความช่างสังเกต ช่างสงสัยและช่างถาม คุณสมบัติข้อนี้จะช่วยให้ผู้วิเคราะห์ได้ข้อมูลมากเพียงพอก่อนที่จะวิเคราะห์

(4) ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล โดยเริ่มจากการแจกแจงข้อมูลเพื่อให้เห็นภาพรวมก่อนจากนั้นจึงคิดหาเหตุผลเชื่อมโยงสิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อหาความจริง

### 2.1.2.3 การคิดเชิงสังเคราะห์ (Synthesis Thinking)

การคิดเชิงสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการคิดที่ดึงองค์ประกอบต่างๆ มาหลอมรวม หรือถักทอภายใต้โครงร่างใหม่อย่างเหมาะสม ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

การคิดเชิงสังเคราะห์สามารถแบ่งรูปแบบการคิดได้เป็น 2 ลักษณะ ได้แก่

(1) การคิดเชิงสังเคราะห์เพื่อการสร้าง "สิ่งใหม่" ซึ่งเป็นการประดิษฐ์สิ่งของ เครื่องใช้ และอุปกรณ์ต่างๆ ตามต้องการของเรา

(2) การคิดเชิงสังเคราะห์เพื่อการสร้าง "แนวคิดใหม่" อันเป็นการพัฒนาและคิดค้นแนวความคิดใหม่ๆ ในประเด็นต่างๆ ตามที่ตั้งวัตถุประสงค์เอาไว้

#### 2.1.2.4 การคิดเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Thinking)

การคิดเชิงเปรียบเทียบ หมายถึงความสามารถในการพิจารณาเทียบเคียงความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่าง สิ่งหนึ่งกับสิ่งอื่นๆ รวมทั้งความสามารถ ในการเปรียบเทียบ สิ่งหนึ่งเป็นอีกสิ่งหนึ่งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ ที่พึงประสงค์ ตอบสนองเป้าหมายที่ต้องการ

หลักการคิดเชิงเปรียบเทียบ ได้แก่

- 1) กำหนดวัตถุประสงค์ของการเปรียบเทียบ
- 2) กำหนดเกณฑ์ (Criteria) การเปรียบเทียบ
- 3) แจกแจงรายละเอียดของแต่ละเกณฑ์
- 4) เปรียบเทียบและตอบวัตถุประสงค์

#### 2.1.2.5 การคิดเชิงมโนทัศน์ (Conceptual Thinking)

การคิดเชิงมโนทัศน์ คือความคิดรวบยอด หรือการสร้างกรอบความคิดของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ผู้ที่สามารถคิดเชิงมโนทัศน์ได้ดี จะเป็นผู้ที่มีความเข้าใจเกี่ยวกับเรื่องต่างๆ ได้ อย่างชัดเจน และสามารถ นำแนวความคิด ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่างๆ ได้อย่างดีอีกด้วย

#### 2.1.2.6 การคิดเชิงสร้างสรรค์ (Creative Thinking)

ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การคิดสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ (Creative thinking) เป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิมและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดนั้นต้องเป็นสิ่งใหม่ (New Original) ใช้การได้ (Workable) และมีความเหมาะสม (Appropriate) ความคิดสร้างสรรค์เกิดขึ้นได้ 2 ทางด้วยกัน ได้แก่

1) เริ่มจากจินตนาการแล้วย้อนกลับสู่สภาพความเป็นจริง เกิดจากการที่เรา นำ ความฝันและจินตนาการ ซึ่งเป็นเพียงความคิด ความใฝ่ฝันที่ยังไม่เป็นจริง แต่เกิด ความปรารถนาอย่าง แรงกล้าที่จะทำ ให้ความฝันนั้นเป็นจริง

2) เริ่มจากความรู้ แล้วคิดต่อยอดสู่สิ่งใหม่ เกิดจากการนำ ข้อมูลหรือ ความรู้ที่มีอยู่มาคิดต่อยอดหรือคิดเพิ่ม ฐานข้อมูลที่มีอยู่จะเป็นเหมือนตัวเชื่อมความคิดให้เราคิดใน เรื่องใหม่ๆ

#### 2.1.2.7 การคิดเชิงประยุกต์ (Applicative Thinking)

การคิดเชิงประยุกต์เป็นการคิดเพื่อดึงความสามารถในการนำบางสิ่งมาปรับใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับบริบทสภาพแวดล้อมและเวลาขณะนั้น เพื่อ บรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ ช่วยให้สามารถปรับตัวและปรับใช้สิ่งต่างๆ ให้เหมาะสมเข้ากับยุคสมัยที่บริบทแวดล้อมเปลี่ยนไป ทำให้เราสามารถแก้ปัญหาในวิถีทางที่ถูกต้องได้ และช่วยให้เราสามารถสร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ที่ใช้การได้เพิ่มขึ้นจำนวนมาก การพัฒนาทักษะการคิดเชิงประยุกต์จึง

เหมาะสมสำหรับทุกกลุ่มคน ทุกเพศและทุกวัย การคิดเชิงประยุกต์เป็นอีกหนึ่งการคิดที่จำเป็นอย่างยิ่งต่อการก้าวขึ้นเป็น “นักคิด” ผู้มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหา การตัดสินใจ และการเรียนรู้ที่จะเลือกและนำสิ่งดีๆ มาสู่ชีวิตของตน และเป็นการคิดที่จำเป็นต้องพัฒนาในส่วนของทัศนคติ และลักษณะนิสัยด้วยเช่นเดียวกับการคิดในมิติอื่นๆ เพื่อให้เป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตตามธรรมชาติของเรา อันจะช่วยให้คิดได้ทันที เมื่อมีปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข

#### 2.1.2.8 การคิดเชิงกลยุทธ์ (Strategic Thinking)

การคิดเชิงกลยุทธ์ ก็คือความสามารถในการกำหนดแนวทางที่ดีที่สุดภายใต้สภาวะต่าง ๆ เพื่อบรรลุเป้าหมายที่ต้องการ ดังนั้นการจะบรรลุเป้าหมายต้องมีการกำหนดทางเลือกที่คิดว่ามีโอกาสประสบความสำเร็จมากที่สุด ผู้บริหารจำเป็นต้องประเมินกำลังความสามารถของตนเอง ประเมินสภาพแวดล้อม รวมทั้งต้องคาดการณ์อนาคตที่อาจเกิดขึ้น แล้วจึง กำหนดทางเลือกกลยุทธ์ ที่คิดว่ามีโอกาสประสบความสำเร็จมากที่สุด เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายที่วางไว้ การคิดเชิงกลยุทธ์จึงมีลักษณะยืดหยุ่น ไม่ตายตัว แต่ต้องพลิกแพลงโอนอ่อนไปตามสถานการณ์ที่แตกต่างกัน การเตรียมความพร้อมจะช่วยให้เราสามารถปรับตัวรับการเปลี่ยนแปลงได้รวดเร็วโดยยังคงพยายามที่จะยึดแนวทางสู่เป้าหมายสูงสุดไว้ ทำให้มีโอกาสประสบความสำเร็จได้มากกว่าคนที่ปราศจากการคิดเชิงกลยุทธ์

#### 2.1.2.9 การคิดเชิงบูรณาการ (Integrative Thinking)

การคิดเชิงบูรณาการคือ ความสามารถในการเชื่อมโยงแนวคิดที่แยกส่วนให้เข้ากับเรื่องที่เป็นแกนหลัก ได้อย่างเหมาะสม ซึ่งจะส่งผลให้เรื่องที่เป็นแกนหลักนั้นมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยใช้วิธีการมองภาพรวม (Holistic View) และการใช้สหวิทยาการ หรือการใช้ศาสตร์แขนงต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องนั้นๆ เข้าร่วมในการคิดเพื่อทำให้เกิดความสมบูรณ์ โดยการคิดเชิงบูรณาการนี้สามารถใช้ได้สำหรับการพัฒนาสิ่งใหม่ๆ และการแก้ไขปัญหาที่มีอยู่

#### 2.1.2.10 การคิดเชิงอนาคต (Futuristic Thinking)

การคิดเชิงอนาคต คือ ความสามารถในการฉายภาพแนวโน้มที่อาจจะเกิดขึ้นในอนาคต โดยการใช้หลัก การคาดการณ์ที่เหมาะสม การคิดเชิงอนาคตมีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินสถานการณ์ เพื่อการวางแผน และเตรียมตัวสำหรับอนาคต เพื่อการเตรียมทรัพยากรต่างๆ ให้พร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงในอนาคตทั้งระยะสั้น และระยะยาว

## 2.2 การจัดการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการคิด

Bloom (1976) แบ่งการเรียนรู้เป็น 6 ระดับ คือ ความรู้ที่เกิดจากการจำ (Knowledge) ซึ่งเป็นระดับล่างสุด ความเข้าใจ (Comprehend) การประยุกต์ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) สามารถแก้ปัญหาและตรวจสอบได้ การสังเคราะห์ (Synthesis) สามารถนำส่วนต่างๆ มาประกอบเป็นรูปแบบใหม่ได้ให้แตกต่างจากรูปเดิม โดยเน้นโครงสร้างใหม่ และการประเมินค่า (Evaluation) สามารถวัดและตัดสินได้ว่าอะไรถูกอะไรผิด ประกอบการตัดสินใจบนพื้นฐานของเหตุผลและเกณฑ์ที่แน่นอนให้แนวคิดเรื่องการกำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษาเป็น 3 ด้าน คือด้านความรู้ (Cognitive domain) ด้านความรู้สึกและเจตคติ (Affective domain) และด้านทักษะ (Psycho-motor domain) โดยในแต่ละด้านจะมีการเรียนรู้ย่อยๆ มากมายที่แสดงแนวคิดด้านการคิดชัดเจนว่า บุคคลเรียนรู้ทางด้านสติปัญญา หรือการคิด ด้านจิตใจและด้านการกระทำในเรื่องเกี่ยวกับการคิด บลูมให้ข้อคิดเห็นว่า “การคิดของบุคคลเป็นขั้นตอนโดยเริ่มจากการเรียนรู้การจำการเข้าใจและพัฒนาต่อไปถึงขั้นวิเคราะห์ สังเคราะห์และประเมิน” ซึ่งเป็นการเข้าสู่กระบวนการทางสมองอย่างชัดเจน

เชดส์คีย์ โฆวาสน์ (2530) พัฒนาทักษะการคิดของเด็กพบว่าแนวทางที่นักการศึกษาใช้ในการดำเนินการวิจัยและทดลองเพื่อพัฒนาการคิดนั้น สามารถสรุปได้ 3 แนว คือ

(1) การสอนเพื่อให้คิด (Teaching for thinking) เป็นการสอนเนื้อหาวิชาการโดยมีการปรับเปลี่ยนเพื่อเพิ่มความสามารถในด้านการคิดของเด็ก

(2) การสอนการคิด (Teaching of thinking) เป็นการสอนเน้นกระบวนการทางสมองที่จะนำมาสู่การคิด เป็นการปลูกฝังทักษะการคิดโดยตรงไม่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาในหลักสูตร แต่เป็นตามแนวทางทฤษฎีและความเชื่อพื้นฐานของแต่ละคนที่ทำเป็นโปรแกรมการสอน

(3) การสอนเกี่ยวกับการคิด (Teaching about thinking) เป็นเนื้อหาเน้นการใช้ทักษะโดยช่วยให้ผู้เรียนรู้เข้าใจกระบวนการคิดของตน เพื่อให้เกิดทักษะการคิดที่เรียกว่า Metcognition คือ ใ้รู้ว่าตนรู้อะไร ต้องการอะไร ควบคุม ตรวจสอบและประเมินการคิดของตนได้

ทิสนา แคมมณี และคณะ (2540) ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

กลุ่มที่ 1 ทักษะการคิดหรือทักษะการคิดพื้นฐานที่มีการคิดไม่ซับซ้อน เป็นทักษะของการคิดขั้นสูงหรือระดับสูงที่มีขั้นตอนซับซ้อน ให้แสดงออกถึงการกระทำหรือพฤติกรรมที่ต้องใช้ความคิดแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ทักษะการคิดพื้นฐาน และทักษะการคิดขั้นสูงดังนี้

(1) ทักษะการคิดพื้นฐาน ประกอบด้วย

(1.1) ทักษะการสื่อความหมาย หมายถึงทักษะการรับสารที่แสดงถึงความคิดของผู้อื่นเข้ามาเพื่อรับรู้ ติความและจดจำและเมื่อต้องการที่จะระลึกเพื่อนำมาเรียบเรียง และถ่ายทอด

ความคิดของคนให้แก่ผู้อื่น โดยแปลความคิดในรูปของภาษาต่างๆ ทั้งที่เป็นข้อความ คำพูด ศิลปะ ดนตรี คณิตศาสตร์ ฯลฯ เช่น ทักษะการฟัง ทักษะการพูด ทักษะการอธิบาย ทักษะการทำให้กระจ่าง เป็นต้น

(1.2) ทักษะการคิดที่เป็นแกนหรือทักษะการคิดทั่วไป หมายถึงทักษะการคิดที่จำเป็นต้องใช้อยู่เสมอในการดำรงชีวิตประจำวัน เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการสำรวจ ทักษะการตั้งคำถาม ทักษะการเก็บรวบรวมข้อมูล ทักษะการระบุ ทักษะการจำแนก ทักษะการเปรียบเทียบ เป็นต้น

(2) ทักษะการคิดขั้นสูง หรือทักษะการคิดที่ซับซ้อน หมายถึงทักษะการคิดที่มีขั้นตอนหลายขั้นและต้องอาศัยทักษะการสื่อความหมาย และทักษะการคิดที่เป็นแกนหลายๆ ทักษะในแต่ละขั้น เช่น ทักษะการสรุปความ ทักษะการให้คำจำกัดความ ทักษะการวิเคราะห์ ทักษะการผสมผสานข้อมูล ทักษะการจัดระบบความคิด ทักษะการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ทักษะการตั้งสมมุติฐาน เป็นต้น

กลุ่มที่ 2 ลักษณะการคิดหรือการคิดระดับกลาง มีขั้นตอนในการคิดซับซ้อนมากกว่าการคิดในกลุ่มที่ 1 การคิดในกลุ่มนี้เป็นพื้นฐานของการคิดระดับสูง ซึ่งลักษณะการคิดแต่ละลักษณะต้องอาศัยทักษะความคิดพื้นฐานมากบ้างน้อยบ้าง ในการคิดแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ

(1) ลักษณะการคิดทั่วไปที่จำเป็นได้แก่การคิดคล่อง การคิดละเอียด การคิดหลากหลาย การคิดชัดเจน

(2) ลักษณะการคิดที่เป็นแกนสำคัญได้แก่การคิดถูกต้อง การคิดไกล การคิดกว้าง การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดลึกซึ้ง

กลุ่มที่ 3 กระบวนการคิดหรือการคิดระดับสูง มีขั้นตอนการคิดซับซ้อนและต้องอาศัยทักษะการคิด และลักษณะการคิดเป็นพื้นฐานในการคิดกระบวนการคิดมีหลายกระบวนการเช่น กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กระบวนการคิดสร้างสรรค์ กระบวนการคิดตัดสินใจและ กระบวนการคิดแก้ปัญหา เป็นต้น

## 2.3 การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมการคิดวิเคราะห์

### 2.3.1 นิยามของการคิดวิเคราะห์

Bloom et al. (1976) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผลและที่เป็นอย่างนั้น อาศัยหลักการอะไร

Good (1973) ให้ความหมายการคิดวิเคราะห์ เป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักของการประเมินและมีหลักฐานอ้างอิง เพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมดและใช้กระบวนการตรรกวิทยาได้อย่างถูกต้องสมเหตุสมผล

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2546) ให้ความหมายความสามารถในการคิดวิเคราะห์ (Analytical Thinking) ว่าเป็นความสามารถในการสืบค้นข้อเท็จจริงเพื่อตอบคำถามเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่าง โดยการตีความ การจำแนกแยกแยะ และการทำความเข้าใจกับองค์ประกอบของสิ่งนั้น และองค์ประกอบอื่นๆ ที่สัมพันธ์กันรวมทั้ง เชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่ไม่ขัดแย้งกันระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เหตุผลที่หนักแน่นน่าเชื่อถือ ทำให้เราได้ข้อเท็จจริงที่เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจแก้ปัญหา ประเมิน และตัดสินใจเรื่องต่างๆ ได้อย่างถูกต้องจากนิยามดังกล่าวสรุปได้ว่าความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ (Analysis Ability) หมายถึง ความสามารถในการจำแนกแยกแยะส่วนย่อยต่างๆ ของเหตุการณ์ เรื่องราว เนื้อเรื่องหรือสิ่งต่างๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญสัมพันธ์กันอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผลและที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการใด

### 2.3.2 ทฤษฎีการคิดวิเคราะห์

Bloom (1976) ได้กำหนดจุดมุ่งหมายทางการศึกษา (Bloom's Taxonomy of Educational Objectives) เป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการรู้คิด ด้านจิตพิสัยและด้านทักษะพิสัยของบุคคล ส่งผลต่อความสามารถทางการคิดที่บลูมจำแนกไว้เป็น 6 ระดับ คำถามในแต่ละระดับมีความซับซ้อนแตกต่างกัน ได้แก่

ระดับที่ 1 ระดับความรู้ความจำ แยกเป็นความรู้ในเนื้อหา เช่นความรู้ในศัพท์ที่ใช้ และความรู้ในข้อเท็จจริงเฉพาะ ความรู้ในวิธีดำเนินการเช่น ความรู้เกี่ยวกับระเบียบแบบแผน ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นความรู้เกี่ยวกับการจัดจำแนกประเภท ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ต่างๆ และความรู้เกี่ยวกับวิธีการ ความรู้รวบยอดในเนื้อเรื่อง เช่น ความรู้เกี่ยวกับหลักวิชาและการขยายความ และความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง

ระดับที่ 2 ระดับความเข้าใจแยกเป็นการแปลความ การตีความและการขยายความ

ระดับที่ 3 ระดับการนำไปใช้ หรือการประยุกต์

ระดับที่ 4 ระดับการวิเคราะห์ แยกเป็นการวิเคราะห์ส่วนประกอบ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ

ระดับที่ 5 ระดับการสังเคราะห์ แยกเป็นการสังเคราะห์ การสื่อความหมาย การสังเคราะห์แผนงานและการสังเคราะห์ความสัมพันธ์

ระดับที่ 6 ระดับการประเมินค่า แยกเป็นการประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายในและการประเมินค่าโดยอาศัยข้อเท็จจริงภายนอก

โดยบุคคลสามารถแบ่งองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์เป็น 3 ส่วน ดังนี้

(1) การคิดวิเคราะห์เนื้อหาข้อมูลต่างๆ ที่ได้มานั้น สามารถแยกเป็นส่วนย่อยได้ ข้อความบางข้อความอาจเป็นจริง บางข้อความอาจเป็นคำนิยาม ซึ่งการคิดวิเคราะห์เนื้อหา ประกอบด้วย

- (1.1) ความสามารถในการค้นหาประเด็นต่างๆ ในข้อมูล
- (1.2) ความสามารถในการแยกแยะความจริงออกจากสมมติฐาน
- (1.3) ความสามารถในการแยกข้อเท็จจริงออกจากข้อมูลอื่นๆ
- (1.4) ความสามารถในการบอกถึงสิ่งจูงใจและการพิจารณาพฤติกรรมของ

บุคคล

- (1.5) ความสามารถในการแยกแยะข้อมูลสรุปจากข้อความปลีกย่อย

(2) การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ผู้อ่านจะต้องมีทักษะในการตัดสิน ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลหลัก ๆ ได้ ทั้งความสัมพันธ์ของสมมติฐานและความสัมพันธ์ระหว่าง ข้อสรุปและยังรวมไปถึงความสัมพันธ์ในชนิดของหลักฐานที่นำมาแสดงด้วย ในการคิดวิเคราะห์ ความสัมพันธ์สามารถแยกได้ดังนี้

(2.1) ความสามารถในการเข้าใจความสัมพันธ์ของแนวคิดในบทความและ ข้อความต่าง ๆ

- (2.2) ความสามารถในการระลึกได้ว่าสิ่งใดเกี่ยวข้องกับประเด็นใจนั้น

(2.3) ความสามารถในการแยกความจริง หรือสมมติฐานที่เป็นความสำคัญ หรือข้อโต้แย้งที่นำมาสนับสนุนข้อสมมติฐานนั้น

- (2.4) ความสามารถในการตรวจสอบข้อสมมติฐานที่ได้มา

(2.5) ความสามารถในการแบ่งแยกความสัมพันธ์ของสาเหตุและผลจาก ความสัมพันธ์อื่นๆ

- (2.6) ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูลที่ขัดแย้ง แบ่งแยกสิ่งที่ตรงและ

ไม่ตรงกับข้อมูล

- (2.7) ความสามารถในการสืบหาความจริงของข้อมูล

(2.8) ความสามารถในการสร้างความสัมพันธ์แยกรายละเอียดที่สำคัญไม่ สำคัญได้

(3) การคิดวิเคราะห์หลักการ เป็นการวิเคราะห์โครงสร้างและหลักการ ในการ คิดวิเคราะห์หลักการนี้ จะต้องวิเคราะห์แนวคิด จุดประสงค์และมโนทัศน์ ซึ่งการวิเคราะห์หลักการ สามารถแยกได้ดังนี้

- (3.1) ความสามารถในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์และความหมายขององค์ประกอบต่าง ๆ
- (3.2) ความสามารถในการวิเคราะห์รูปแบบในการเขียน
- (3.3) ความสามารถในการวิเคราะห์จุดประสงค์ ความเห็นหรือลักษณะการคิดความรู้สึกที่มีในงานของผู้เขียน
- (3.4) ความสามารถในการวิเคราะห์ทัศนคติของผู้เขียนในด้านต่าง ๆ
- (3.5) ความสามารถในการวิเคราะห์เทคนิคโฆษณาชวนเชื่อ
- (3.6) ความสามารถในการรู้แ่งคิดและทัศนคติของผู้เขียน

Marzano (2001) อธิบายว่า รูปแบบพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ระบบ ได้แก่ ระบบแห่งตน ระบบการบูรณาการ และระบบสติปัญญา ระบบแห่งตนตัดสินใจรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ เมื่อระบบแห่งตนรับการเรียนรู้เรื่องใหม่ ระบบบูรณาการจะเข้ามาเกี่ยวข้องกับการกำหนดเป้าหมายของการเรียนรู้ นั้น โดยการออกแบบกลยุทธ์ต่างๆ เพื่อการบรรลุเป้าหมายแห่งการเรียนรู้และระบบสติปัญญาจะทำหน้าที่จัดกระทำข้อมูลในลักษณะของการวิเคราะห์ ดังนั้น ปริมาณความรู้ของนักเรียนแต่ละคนจึงมีผลต่อความสำเร็จอย่างสูงในการเรียนรู้เรื่องใหม่ ซึ่งความรู้ใหม่สามารถต่อยอดจากความรู้เดิม ได้อย่างกว้างขวาง รูปแบบพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ การคิดวิเคราะห์เป็นการคิดอย่างมีเหตุผลคำนึงถึงเป้าหมาย มีองค์ประกอบ 5 ประการ คือ

- (1) การสรุปอ้างอิง
- (2) การยอมรับข้อมูลสรุป
- (3) การใช้เหตุผลแบบอนุมาน
- (4) การประเมินข้อโต้แย้ง
- (5) การตีความหมาย

## 2.4 การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมการสังเคราะห์

### 2.4.1 นิยามของการคิดสังเคราะห์

การคิดสังเคราะห์ หมายถึงความสามารถในการคิดที่ดึงองค์ประกอบต่างๆ มาหลอมรวมกันภายใต้โครงร่างใหม่อย่างเหมาะสม เพื่อให้เกิดสิ่งใหม่ที่มีลักษณะเฉพาะแตกต่างไปจากเดิมการคิดเชิงสังเคราะห์เป็นกระบวนการคิดเรียบเรียงและจัดรวมเนื้อหาที่ได้จากการวิเคราะห์และกระบวนการการใช้เหตุผลมาใช้เป็นหลักการ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ในการแก้ปัญหา หรือเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่เป็นความสามารถในการผสมผสานรวบรวมส่วนประกอบย่อยๆ หรือส่วนใหญๆ เข้าด้วยกันเพื่อให้เป็นเรื่องราวอันหนึ่งอันเดียวกัน เพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมี

คุณลักษณะ โครงสร้างหรือหน้าที่ใหม่ที่แปลกแตกต่างไป การสังเคราะห์จึงมีลักษณะของการเป็นกระบวนการรวบรวมเนื้อหาสาระของเรื่องต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อสร้างรูปแบบหรือโครงสร้างที่ยังไม่ชัดเจนขึ้นมาก่อน อันเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ภายในขอบเขตที่กำหนดให้

การคิดเชิงสังเคราะห์สามารถแยกได้ 3 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ การสังเคราะห์ข้อความ ซึ่งเป็นความสามารถในการสังเคราะห์ข้อความโดยการพูด การเขียน เช่น สามารถแต่งเรื่องราวหรือบทกลอนได้โดยไม่ลอกเลียนใคร เป็นการฝึกฝนการสื่อสารทางการคิด การสังเคราะห์แผนงาน และออกแบบเป็นความสามารถในการกำหนดแนวทางวางแผน ออกแบบให้สอดคล้องกับข้อมูลและจุดมุ่งหมายที่วางไว้ เช่น ให้เด็กๆ วางแผนการไปปิกนิกสุดท้าย คือ การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ ซึ่งเป็นความสามารถในการนำเอานามธรรมย่อยๆ มาจัดระบบของข้อเท็จจริง หรือส่วนประกอบมาผสมผสานให้เป็นสิ่งสำเร็จรูปหน่วยใหม่ที่แปลกไปจากเดิม เกิดเป็นเรื่องราวใหม่ ทฤษฎี กฎ สมมติฐาน หรือสูตรขึ้น

การคิดสังเคราะห์ครอบคลุมถึงการค้นคว้า รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะคิดซึ่งมีมากหรือกระจายกันอยู่มาหลอมรวมกัน คนที่คิดสังเคราะห์ได้เร็วกว่าย่อมได้เปรียบกว่าคนที่สังเคราะห์ไม่ได้ ซึ่งจะช่วยให้เข้าใจและเห็นภาพรวมของสิ่งนั้นได้มากกว่า การคิดสังเคราะห์มีความสำคัญอย่างมากในกระบวนการคิด เนื่องจากช่วยจัดระบบข้อมูลให้มีความชัดเจนในประเด็นและเป็นระเบียบมากขึ้น ทำให้มีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วน ซึ่งมีความสำคัญดังนี้

(1) ช่วยให้หาทางออกของปัญหาโดยไม่ต้องเริ่มจากศูนย์ เราสามารถนำสิ่งที่คนอื่นคิดหรือปฏิบัติมาแล้วมาใช้ประโยชน์ได้ทั้งที่เกี่ยวข้องโดยตรงและโดยอ้อม นำมาผสมผสานกันเป็นทางออกในการแก้ปัญหา

(2) ช่วยให้มีความเข้าใจที่คมชัดและครบถ้วนเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ แต่เดิมเรามักจะหาทางออกของปัญหาโดยการเลียนแบบหรือลองผิดลองถูก ทางที่ดีกว่าและปลอดภัยกว่าคือการใช้การคิดสังเคราะห์เข้ามาช่วยสรุปความรู้ที่กระจัดกระจาย ให้เข้าใจเรื่องได้คมชัดและครบถ้วน

(3) ช่วยขยายขอบเขตความสามารถของสมองในการพยายามสืบเสาะแสวงหาข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งต่างๆ ภายนอกนำมาสังเคราะห์เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้แนวทางแก้ปัญหาที่มีความสมบูรณ์ครบถ้วน สามารถนำมาใช้ได้จริง และประสบความสำเร็จ

(4) ข้อมูลที่สังเคราะห์จะเป็นประโยชน์ในการคิดต่อยอดความรู้ ทำให้ไม่เสียเวลาเริ่มต้นใหม่ คิดต่อยอดได้ทันที นำไปสู่การพัฒนาสิ่งใหม่ ๆ ที่มีประโยชน์

(5) ช่วยให้เกิดการสร้างสรรคสิ่งใหม่ เพราะมีส่วนสำคัญที่ทำให้เกิดสิ่งใหม่ๆ อย่างต่อเนื่องจากการสร้างสรรค์ที่ไม่หยุดยั้งของมนุษย์

## 2.4.2 ประเภทการคิดสังเคราะห์

การคิดสังเคราะห์แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

2.4.2.1 การคิดสังเคราะห์เพื่อสร้างสิ่งใหม่ เช่น ประดิษฐ์สิ่งของเครื่องใช้ อุปกรณ์ต่างๆ ตามต้องการ

2.4.2.2 การคิดสังเคราะห์เพื่อสร้างแนวคิดใหม่ เป็นการพัฒนาและคิดค้นแนวคิดใหม่ ถ้าเราสามารถคิดสังเคราะห์ได้ดี จะทำให้พัฒนาความคิดหรือสิ่งใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อสังคมความสำคัญของการคิดสังเคราะห์

## 2.4.3 ขั้นตอนการคิดสังเคราะห์

2.4.3.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งใหม่ที่ต้องการสร้างหรือสังเคราะห์ขึ้น

2.4.3.2 ศึกษาส่วนประกอบหรือวิเคราะห์ข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์

2.4.3.3 เลือกและนำข้อมูลที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์มาจัดทำกรอบแนวคิดสำหรับสร้างสิ่งใหม่

2.4.3.4 สร้างสิ่งใหม่ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดที่กำหนดโดยการผสมผสานส่วนประกอบ ข้อมูลที่เลือกรวมทั้งข้อมูลอื่นๆ ตามความเหมาะสมและความจำเป็น

2.4.3.5 ตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม ปรับปรุงแก้ไข และนำไปใช้ประโยชน์

## 2.4.4 ตัวบ่งชี้การคิดสังเคราะห์

2.4.4.1 สามารถกำหนดวัตถุประสงค์ของสิ่งใหม่ที่ต้องการสังเคราะห์

2.4.4.2 สามารถวิเคราะห์ส่วนประกอบหรือข้อมูลที่ต้องการสังเคราะห์

2.4.4.3 สามารถเลือกข้อมูลที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ที่ต้องการสังเคราะห์

2.4.4.4 สามารถสร้างกรอบแนวคิดตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

2.4.4.5 สามารถสร้างสิ่งใหม่ได้ตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดที่กำหนด

2.4.4.6 สามารถตรวจสอบความถูกต้องตามหลักเกณฑ์ได้อย่างตรงประเด็น

2.4.4.7 สามารถนำสิ่งที่สังเคราะห์ไปใช้ประโยชน์ได้

## 2.5 การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมการมีวิจารณญาณ

### 2.5.1 นิยามการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Russel (1956) ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ว่า เป็นกิจกรรมที่จำเป็นในการแก้ปัญหา เมื่อต้องตรวจสอบสมมติฐาน

Watson & G.laser (1964) ได้ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ว่า เป็นรูปแบบของการคิดที่ประกอบด้วย ทักษะ ความรู้ และทักษะ โดยที่ทักษะ หมายถึงทักษะที่มีต่อ

การแสวงหาความรู้ และยอมรับการแสวงหาหลักฐานมาสนับสนุนสิ่งที่อ้างว่าเป็นจริงและใช้ความรู้ด้านการอนุมานสรุปใจความสำคัญและการสรุปเป็นกรณีทั่วไป โดยตัดสินจากหลักฐานอย่างสมเหตุสมผล สอดคล้องกับหลักตรรกวิทยา ตลอดจนทักษะในการใช้ทัศนคติและความรู้ดังกล่าวมาประเมินผลความถูกต้องของข้อความ

Hilgard (1962) ได้ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณว่าเป็นการคิดอย่างรอบคอบตามหลักการของการประเมินผล และมีหลักฐานอ้างอิงเนื้อหา ข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ ตลอดจนพิจารณาองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด และใช้กระบวนการทางจิตวิทยา อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล

Ennis (1985) ได้ให้ความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณว่า เป็นการคิดอย่างพิจารณาไตร่ตรอง อย่างมีเหตุผลและมีจุดมุ่งหมาย เพื่อการตัดสินใจว่า สิ่งใดควรเชื่อหรือควรลงมือก่อนการลงมือปฏิบัติ

ทิสนา แคมมณี (2544) ได้สรุปความหมายของกระบวนการคิดวิจารณ์ญาณไว้ว่า คือ การเห็นปัญหา สามารถคิดวิเคราะห์ปัญหาได้ ต่อจากนั้น คือการพิจารณาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง และตัดสินใจเลือกทางเลือกต่างๆ โดยยึดหลักเหตุผลเป็นหลักสำคัญจากความหมายของการคิดวิจารณ์ญาณที่กล่าวไว้ข้างต้น สรุปได้ว่า การคิดวิจารณ์ญาณ หมายถึง ความสามารถในการคิดพิจารณาไตร่ตรองอย่างรอบคอบเกี่ยวกับข้อมูล และการประเมินผลในข้อความหรือเหตุการณ์ที่เป็นปัญหาหรือข้อโต้แย้งนั้น โดยอาศัยความรู้ ความคิดประสบการณ์ของคนในการสำรวจหลักฐานอย่างรอบคอบ ระมัดระวัง มีเหตุผลเพื่อแก้ปัญหา หรือตัดสินใจในการกระทำต่างๆ อย่างถูกต้องเหมาะสม

## 2.5.2 ทฤษฎีการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณจากการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแนวคิดของการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณที่มีผู้ที่มีความรู้และมีความเชี่ยวชาญได้อธิบายไว้หลายท่าน ผู้วิจัยขอนำเสนอโดยสรุป ดังนี้

Dressel & Mayhew (1957) การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณประกอบด้วยความสามารถต่างๆ 5 ด้าน ดังนี้

### (1) ความสามารถในการนิยามปัญหา ประกอบด้วย ลักษณะต่อไปนี้

(1.1) ความสามารถในการตระหนักถึงความเป็นไปของปัญหา ได้แก่ การรู้ถึงเงื่อนไขต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กันในสภาพการณ์ การรู้ถึงความขัดแย้งและเรื่องราวที่สำคัญในสภาพการณ์และความสามารถในการระบุจุดเชื่อมต่อที่ขาดหายไปของชุดเหตุการณ์หรือความคิด และการรู้ถึงสภาพปัญหาที่ยังไม่มีคำตอบ

(1.2) ความสามารถในการนิยามปัญหา ได้แก่ การระบุถึงธรรมชาติของปัญหาความเข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องและความจำเป็นในการแก้ปัญหา สามารถนิยามองค์ประกอบของปัญหาซึ่งมีความยุ่งยากและเป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม สามารถจำแนกแยกแยะองค์ประกอบของปัญหาที่มีความซับซ้อนออกเป็นส่วนประกอบที่สามารถจัดกระทำได้ สามารถระบุองค์ประกอบสำคัญของปัญหา สามารถจัดองค์ประกอบของปัญหาให้เป็นลำดับขั้นตอน

(2) ความสามารถในการเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา คือ การสามารถตัดสินใจว่าข้อมูลใดมีความจำเป็นต่อการแก้ปัญหาประกอบด้วย ความสามารถในการจำแนกข้อมูลที่เชื่อถือได้กับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือไม่ได้ ความสามารถในการระบุว่าข้อมูลใดควรยอมรับหรือไม่การเลือกตัวอย่างของข้อมูลที่มีความเพียงพอและเชื่อถือได้ ตลอดจนการจัดระเบียบระบบของข้อมูล

(3) ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้น ประกอบด้วย ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ผู้อ้างเหตุผลไม่ได้กล่าวไว้ ความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่คัดค้านการอ้างเหตุผล และความสามารถในการระบุข้อตกลงเบื้องต้นที่ไม่เกี่ยวข้องกับการอ้างเหตุผล

(4) ความสามารถในการกำหนดและเลือกสมมติฐาน ประกอบด้วย การค้นหาการชี้แนะหาคำตอบ การกำหนดสมมติฐานต่างๆ โดยอาศัยข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น การเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดพิจารณาเป็นอันดับแรก การตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูลและข้อตกลงเบื้องต้น และการกำหนดสมมติฐานที่เกี่ยวข้องกับข้อมูลที่ยังไม่ทราบและเป็นข้อมูลที่จำเป็น

(5) ความสามารถในการสรุปอย่างสมเหตุสมผลและการตัดสินใจ สมเหตุสมผลของการคิดหาเหตุผล ประกอบด้วย

(5.1) ความสามารถในการลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล

(5.2) ความสามารถในการพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผลของกระบวนการที่นำไปสู่ข้อสรุป

(5.3) ความสามารถในการประเมินข้อสรุป โดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้ Ennis (1985) การคิดวิจารณ์ญาณเป็นการคิดอย่างมีเหตุผล และคิดแบบตรรกะตรงเพื่อการตัดสินใจก่อนที่จะเชื่อหรือก่อนที่จะลงมือปฏิบัติ และเสนอแนวคิดไว้ดังนี้

(1) ทักษะการนิยาม ได้แก่ การระบุจุดสำคัญของประเด็นปัญหา ข้อสรุป ระบุเหตุผลทั้งที่ปรากฏและไม่ปรากฏ การตั้งคำถามที่เหมาะสมในแต่ละสถานการณ์ การระบุเงื่อนไขและข้อตกลงเบื้องต้น

(2) ทักษะการคัดสรรข้อมูล ได้แก่ การคัดสรรความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล การคัดสรรความเกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา การพิจารณาความสอดคล้อง

(3) ทักษะการสรุปอ้างอิงในการแก้ปัญหาและการสรุปอย่างสมเหตุสมผล ได้แก่ การอ้างอิงและการสรุปแบบอุปนัย การนิรนัยโดยมีความตรง การทำนายสิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาอย่างน่าเชื่อถือ โดยแบ่งขั้นตอนการคิดอย่างมีวิจารณญาณออกดังนี้

- (3.1) ความสามารถในการระบุปัญหา
- (3.2) การรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับประเด็นปัญหา
- (3.3) การพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล
- (3.4) การแยกแยะความแตกต่างของข้อมูล
- (3.5) การหาข้อสรุป
- (3.6) การนำไปใช้ประโยชน์

## 2.6 การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

### 2.6.1 นิยามของการคิดสร้างสรรค์

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า หมายถึง กระบวนการทางปัญญาระดับสูง ที่ใช้กระบวนการทางความคิดหลายๆ อย่างมารวมกัน เพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่หรือแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดีขึ้น ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สร้างสรรค์มีอิสรภาพทางความคิด

ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการทางปัญญาระดับสูงที่ใช้กระบวนการทางความคิดหลายๆ อย่างมารวมกัน ซึ่งประกอบด้วยความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Original) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) ผู้เรียนที่แสดงออกมาซึ่งความคิดสร้างสรรค์ จะต้องเป็นการสร้างแนวคิดใหม่ แสวงหาและพิจารณาทางเลือกที่หลากหลาย

ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการมองเห็นสิ่งต่างๆ ในแง่มุมใหม่ๆ หรือเป็นการกระทำสิ่งต่างๆ ได้อย่างมีเอกลักษณ์เฉพาะตัวหรือไม่ซ้ำแบบใคร อย่างมีความแปลกใหม่ เป็นการเชื่อมโยงสิ่งที่ไม่สัมพันธ์ ให้กลายเป็นสิ่งใหม่ได้อย่างเหมาะสม เราสามารถอธิบายความคิดสร้างสรรค์ได้จาก

- (1) ผลงานที่ผลิต
- (2) กระบวนการที่จัดกระทำ
- (3) ทักษะที่ใช้ในแง่ความคล่องแคล่ว

(4) บุคลิกภาพของบุคคลและเงื่อนไขสิ่งแวดล้อมที่มีอิทธิพลต่อความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ถือว่าเป็นคุณลักษณะทางความคิดอย่างหนึ่งที่มีความสำคัญต่อผู้เรียนฉะนั้นการสอนความคิดสร้างสรรค์และการฝึกฝนให้ผู้เรียนสามารถคิดอย่างสร้างสรรค์จึงเป็นส่วนหนึ่งที่ช่วยยกระดับคุณภาพของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนมีชีวิตอย่างมั่นใจในตนเอง และมีคุณภาพมากขึ้น

## 2.6.2 ประเภทของความคิดสร้างสรรค์

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) ได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ประเภทของความคิดสร้างสรรค์โดยแบ่งได้ 4 ประเภท คือ

(1) ความคิดสร้างสรรค์ประเภทความเปลี่ยนแปลง (Innovation) คือ แนวคิดที่เป็นการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ เช่น ทฤษฎีใหม่ การประดิษฐ์สิ่งใหม่ เป็นต้น เป็นการคิดโดยภาพรวมมากกว่าแยกเป็นส่วนย่อย บางครั้งเรียกว่า “นวัตกรรม” ที่เป็นการนำเอาสิ่งประดิษฐ์ใหม่มาใช้ เพื่อให้การดำเนินงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่นการใช้สมอกล เป็นต้น

(2) ความคิดสร้างสรรค์ประเภทการสังเคราะห์ (Synthesis) คือ การผสมผสานแนวคิดจากแหล่งต่างๆ เข้าด้วยกัน แล้วก่อให้เกิดแนวคิดใหม่อันมีคุณค่า เช่น การนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ในการแก้ปัญหาการบริหาร การใช้หลักการคำนวณของลูกคิด และหลักทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์ มาผสมผสานเป็นคอมพิวเตอร์ซึ่งกลายเป็นศาสตร์อีกสาขาหนึ่ง

(3) ความคิดสร้างสรรค์ประเภทต่อเนื่อง (Extension) เป็นการผสมผสานกันระหว่างความคิดสร้างสรรค์ประเภทเปลี่ยนแปลงกับความคิดสร้างสรรค์ประเภทสังเคราะห์ คือ เป็นโครงสร้างหรือกรอบที่ได้กำหนดไว้กว้างๆ แต่ความต่อเนื่องเป็นรายละเอียดที่จำเป็นในการปฏิบัติงานนั้น เช่น งานอุตสาหกรรม การสร้างรถยนต์ ซึ่งในแต่ละปีจะมีการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจากต้นแบบเดิม

(4) ความคิดสร้างสรรค์ประเภทลอกเลียน (Duplication) เป็นลักษณะการจำลองหรือลอกเลียนแบบจากความสำเร็จอื่นๆ โดยอาจจะปรับปรุงเปลี่ยนแปลงให้แปลกไปจากเดิมเพียงเล็กน้อยแต่ส่วนใหญ่ยังคงแบบเดิมอยู่

ความคิดสร้างสรรค์แต่ละประเภทจะไม่สามารถอยู่ได้โดยลำพังเฉพาะตัว แต่จะบูรณาการและผสมผสานกันอยู่เสมอ คือ เมื่อมีการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดขึ้น ก็จะมีการพิจารณาสังเคราะห์โดยดำเนินการตามความคิดนั้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้มาซึ่งความคิดที่แปลกใหม่แตกต่างกันออกไปหรือเพื่อให้เกิดการเลียนแบบที่ดีกว่าเดิม

#### 2.6.4 องค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์

Guilford (อ้างถึงใน อารี พันธุ์ณี, 2540) มีแนวคิดว่าความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 อย่าง คือ

(1) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ หรือความสามารถคิดหาคำตอบที่เด่นชัดและตรงประเด็นมากที่สุด ซึ่งจะนับปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกันในเรื่องเดียวกัน

(2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับสภาพของความคิดในสถานการณ์ต่างๆ ได้ ความยืดหยุ่นเน้นในเรื่องของปริมาณที่เป็นประเภทใหญ่ๆ ของความคิดแบบคล่องแคล่วนั่นเองเป็นตัวเสริมและเพิ่มคุณภาพของความคิดคล่องแคล่วให้มากขึ้นด้วยการจัดเป็นเป็นหมวดหมู่และมีหลักเกณฑ์ยิ่งขึ้น

(3) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถคิดแปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่าย ๆ ความคิดริเริ่มอาจจะเกิดจากการนำความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น

(4) ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็น และยังรวมถึงการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งต่างๆ อย่างมีความหมาย ความคิดสร้างสรรค์ของเด็กๆ จะค่อยๆ สูงขึ้นตามอายุ จนกระทั่งเด็กเรียนอยู่ประมาณระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ของเด็กจะลดลงอย่างเห็นได้ชัดหรือหยุดชะงักหายไปเลยซึ่งมีสาเหตุมาจากสภาพแวดล้อมทางโรงเรียน กฎระเบียบที่เข้มงวดและการปรับตัวให้เข้ากับผู้อื่น การปฏิบัติตามแบบสังคม การรู้จักประนีประนอม ซึ่งทำให้เกิดความวิตกกังวล กลัวทำไม่ถูก กลัวการถูกลงโทษ ทำให้เด็กขาดความเป็นอิสระทั้งทางด้านความคิดและการกระทำ ขาดความกระตือรือร้น กังวลใจ อันเป็นผลทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ลดลง บางคนเมื่อความคิดสร้างสรรค์หายไปแล้วก็อาจจะย้อนกลับมาใหม่ แต่บางคนก็จะหายไปเลยตั้งแต่นั้น

#### 2.6.5 แนวทางในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์

อุษณีย์ โพธิ์สุข (2537) ได้กล่าวถึงการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนว่าสามารถทำได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ในทางตรงโดยการสอน ฝึกฝนและอบรม ทางอ้อม โดยการสร้างบรรยากาศ และการจัดสิ่งแวดล้อม ส่งเสริมการเป็นอิสระในการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ไม่สามารถบังคับให้เกิดขึ้นได้ แต่สามารถทำให้เกิดขึ้นได้ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบที่สำคัญที่ควรดำเนินการในกระบวนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

(1) กระบวนการคิด เป็นการเพิ่มทักษะความคิดด้านต่างๆ เช่น ความคิดจินตนาการ ความคิดเอกนัย อเนกนัย ความคิดวิจารณ์ญาณ ความคิดวิเคราะห์ ความคิดสังเคราะห์ ความคิดแปลกใหม่ ความหลากหลาย ความคิดยืดหยุ่น ความคิดเห็นที่แตกต่าง และการประเมินผล

(2) ผลผลิต เป็นสิ่งที่ชี้ให้เราเห็นหลายสิ่งหลายอย่างของการคิด เช่น วิธีคิด ประสิทธิภาพทางความคิด การนำเอาความรู้ไปสู่การนำไปใช้ จุดสำคัญในการจัดการเรียนรู้จะต้องพิจารณาเกณฑ์ของผลผลิต ควรจะมีการกำหนดให้ผู้เรียนรู้จักการระบุจุดประสงค์ของการทำงาน รู้จักประเมินการทำงานของตนเองโดยใช้เหตุผล พยายาม และสามารถปรับใช้ได้ในชีวิตจริง

(3) องค์กรความรู้พื้นฐาน ให้โอกาสผู้เรียนได้รับความรู้ผ่านสื่อและทักษะหลายด้าน โดยใช้ประสาทสัมผัสหรือความรู้ที่มาจากประสบการณ์ที่หลากหลายและมีแหล่งข้อมูลที่ต่างกันทั้งจากหนังสือ ผู้เชี่ยวชาญ การทดสอบด้วยตนเองและที่สำคัญคือให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้ด้วยตัวเอง

(4) สิ่งที่ทำทนายผู้เรียน หางานที่สร้างสรรค์และมีมาตรฐานให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ

(5) บรรยากาศในชั้นเรียน ต้องให้อิสระเสรี ความยุติธรรม ความเคารพในความคิดของผู้เรียน ให้ผู้เรียนมั่นใจว่าจะไม่ถูกลงโทษหากมีความคิดที่แตกต่างจากครู หรือคิดว่าครูไม่ถูกต้อง ขอมให้ผู้เรียนล้มเหลว หรือผิดพลาด (โดยไม่เกิดอันตราย) แต่ต้องฝึกให้เรียนรู้จากข้อผิดพลาดที่ผ่านมา

(6) ตัวผู้เรียน สนับสนุนให้ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง ความเคารพตนเอง กระจายใคร่รู้

(7) การใช้คำถาม ครูต้องสนับสนุนให้ผู้เรียนถามตั้งคำถาม โดยผู้เรียน

(8) การประเมินผล ครูต้องหลีกเลี่ยงการประเมินที่ซ้ำๆ ซากๆ หรือเป็นทางการ อยู่ตลอด และสนับสนุนให้ผู้เรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเองและประเมินร่วมกับครู

(9) การสอนและการจัดหลักสูตร ควรนำไปผสมผสานกับวิชาการต่างๆ เพราะสามารถใช้ได้กับทุกวิชา ลองให้ผู้เรียนเรียนรู้ในสิ่งที่ไม่มีความคอบที่ตีที่ที่สุด และครูควรเป็นผู้ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือผู้เรียน ไม่ใช่ผู้สั่งการและสอน

(10) การจัดระบบในชั้นเรียน ให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้น ปรับระบบตารางเรียนให้ยืดหยุ่น เพื่อตอบสนองความต้องการและความสามารถที่หลากหลาย จัดกลุ่มการสอนหลายๆแบบ เช่น จับคู่ กลุ่มเล็กกลุ่มใหญ่และสอนแบบเดี่ยว นอกจากนี้ควรจัดห้องเรียนให้แตกต่างกันไปในแต่ละเวลา สถานที่ เช่น บางห้อง บางเวลา ไม่มีที่นั่ง นั่งใกล้กัน ใกล้กัน นั่งข้างนอกเรียนที่สนาม เป็นต้น (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544)

Torrance (1964, อ้างถึงในสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544) ได้กล่าวถึงการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

(1) ส่งเสริมให้เด็กถาม และให้ความสนใจต่อคำถาม และคำถามที่แปลกๆ ของเด็ก พ่อแม่หรือครู ไม่ควรมุ่งที่คำตอบที่ถูกต้องแต่เพียงอย่างเดียว เพราะในการแก้ปัญหาแม่เด็ก จะใช้วิธีเดาเสี่ยงบ้างก็ควรยอมอย่างไรก็ตามควรกระตุ้นให้เด็กได้วิเคราะห์ค้นหาเพื่อพิสูจน์ การเดาโดยใช้การสังเกตและประสบการณ์ของเด็กเอง

(2) ตั้งใจฟังและเอาใจใส่ต่อการคิดแปลกๆ ของเด็ก ด้วยใจเป็นกลางเมื่อเด็กแสดง ความคิดเห็นในเรื่องใด แม้จะเป็นความคิดเห็นที่ยังไม่เคยได้ยินมาก่อน ก็ไม่ควรตัดสินและถิรอนความคิดเห็นนั้น แต่รับฟังไว้ก่อน

(3) กระตุ้นหรือรับต่อคำถามที่แปลกๆ ของเด็กด้วยการตอบคำถามอย่างมีชีวิตชีวา หรือชี้แนะให้เด็กหาคำตอบจากแหล่งต่างๆ ด้วยตนเอง

(4) แสดงและเน้นให้เด็กเห็นว่าความคิดของเด็กนั้นมีคุณค่า และนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น จากภาพที่เด็กวาด อาจให้นำไปเป็นภาพปฏิทิน ส.ค.ส. เป็นต้น ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดความภาคภูมิใจ และมีกำลังใจที่จะคิดสร้างสรรค์ต่อไป

(5) กระตุ้นและส่งเสริมให้เด็กเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยให้โอกาส และเตรียมการให้เด็กเรียนรู้ด้วยตนเองและยกย่องเด็กที่พยายามเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูอาจจะลดบทบาทของการเป็นผู้ชี้แนะและลดการอธิบายลง เพื่อให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมริเริ่มกิจกรรมด้วยตนเองมากขึ้น

(6) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้ หรือค้นคว้าอย่างต่อเนื่องอยู่เสมอ โดยไม่ต้องใช้วิธีบีบบังคับด้วยคะแนน การสอบหรือการตรวจสอบ เป็นต้น

(7) พึงระวังว่าการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในเด็กต้องใช้เวลาและพัฒนาอย่างค่อยเป็นค่อยไป

(8) ส่งเสริมให้เด็กใช้จินตนาการของตนเองและยกย่องชมเชย เมื่อเด็กมีจินตนาการที่แปลกกว่าผู้อื่น

Frank E. Williams (อ้างถึงใน อาร์ ธันห์จวี, 2540) ได้สรุปวิธีการสอนและการจัดกิจกรรมการสอนของครู เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนไว้ 18 ลักษณะ ดังนี้

(1) การสอน (Teaching) หมายถึงการสอนเกี่ยวกับความคิดเห็นในลักษณะความคิดเห็นซึ่งขัดแย้งในตัวของมันเอง ความคิดหรือความเชื่อที่ฝังใจมานาน ซึ่งความคิดเห็น ข้อความหรือข้อสังเกตต่างๆ อาจเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพการณ์ แม้ว่าจะหาข้อยุติได้ยาก แต่ทั้งนี้ ย่อมขึ้นอยู่กับเหตุผลที่ประกอบสนับสนุนหรือคัดค้านข้อคิดเห็นนั้นๆ เป็นการฝึกฝนให้คิดในสิ่งที่แตกต่างไปจาก

รูปแบบเดิมที่เคยมี ดังนั้น ในการสอนครูจึงควรกำหนดหรือให้ผู้เรียนรวบรวมและเลือกข้อคิดเห็น แล้วให้ผู้เรียนอภิปรายโต้วาทีหรือแสดงความคิดเห็นในกลุ่มย่อยก็ได้

(2) การพิจารณาลักษณะ (Attribute) หมายถึง การสอนให้ผู้เรียนคิดพิจารณาถึงลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏอยู่ ทั้งมนุษย์ สัตว์ สิ่งของ ในลักษณะที่แปลกแตกต่างไปกว่าที่เคยคิด รวมทั้งลักษณะที่คาดไม่ถึงด้วย เช่น ให้คิดหาส่วนใดส่วนหนึ่งที่เห็นว่าแปลกประหลาดไม่เหมือนอย่างอื่นของดินสอ ยางลบ หนังสือ เป็นต้น

(3) การเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย (Analogies) หมายถึง การเปรียบเทียบสิ่งของหรือสถานการณ์ที่เหมือนกัน คล้ายคลึงกัน แตกต่างหรือตรงกันข้าม อาจอยู่ในรูปคำเปรียบเทียบ คำพังเพย สุภาษิต ก็ได้ เช่น ลองคิดว่า ซ้อนกับรถยนต์มีลักษณะเหมือนกับอย่างไร ฯลฯ

(4) การบอกสิ่งที่คลาดเคลื่อนไปจากความจริง (Discrepancies) หมายถึง การแสดงความคิดเห็น ระบุ บ่งชี้ถึงสิ่งที่คลาดเคลื่อนจากความจริงหรือขาดตกบกพร่องหรือสิ่งที่ยังไม่สมบูรณ์ เช่น สมมติว่าผู้เรียนเป็นแมวที่เจ้าของลืมให้อาหารลองคิดว่าแมวมีวิธืหาอาหารอย่างไร

(5) การใช้คำถามช่วยและการกระตุ้นให้ตอบ (Provocative Question) หมายถึง การตั้งคำถามแบบปลายเปิด และเป็นคำถามที่ช่วย และเร้าความรู้สึกนึกคิดให้ชวนคิดค้นคว้าให้ได้ ความหมายที่ลึกซึ้งสมบูรณ์ที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ คำตอบจากคำถามลักษณะเช่นนี้ไม่มีคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียว แต่มีหลายๆคำตอบ โอกาสที่ผู้เรียนจะตอบได้ถูกมีมากเป็นคำตอบที่มักลงท้ายว่า วิธีการใดบ้าง มีประโยชน์อย่างไรบ้าง ท่านรู้สึกอย่างไรบ้าง เป็นต้น

(6) การเปลี่ยนแปลง (Change) หมายถึง การฝึกให้คิดถึงการเปลี่ยนแปลง คัดแปลง การปรับปรุงสิ่งต่างๆ ที่คงสภาพมาเป็นเวลานาน ให้เป็นไปในรูปแบบอื่นและเปิดโอกาสให้เปลี่ยนแปลงด้วยวิธีต่างๆอย่างอิสระ เช่น ถ้าแผ่นดินไหวเกิดขึ้นในประเทศไทย แทนที่จะเป็นประเทศญี่ปุ่น ซึ่งชีวิตของประชาชนไทยจะเปลี่ยนแปลงอย่างไรบ้าง

(7) การเปลี่ยนแปลงความเชื่อ (Habit) หมายถึง การฝึกให้ ผู้เรียนเป็นคนที่มีความยืดหยุ่น ยอมรับการเปลี่ยนแปลง คลายความยึดมั่นต่างๆ เพื่อปรับตนเข้ากับสถานการณ์ใหม่ๆ เช่น ถ้าโลกนี้ไม่มีโทรทัศน์ คนจะเป็นอย่างไรบ้าง เป็นต้น

(8) การสร้างสิ่งใหม่จากโครงสร้างเดิม (Organized Random Search) หมายถึง การฝึกให้ผู้เรียนรู้จักสร้างสิ่งใหม่ กฎเกณฑ์ใหม่ ความคิดใหม่ โดยอาศัยโครงสร้างเดิม หรือกฎเกณฑ์เดิม ที่เคยมีแต่พยายามคิดพลิกแพลงให้ต่างจากเดิม ตัวอย่างเช่น ให้ผู้เรียนฟัง เรื่องค้าง แล้วคิดต่อเนื่องตอนท้ายให้จบ

(9) ทักษะการค้นคว้าข้อมูล (Skill Of Search) หมายถึง การฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการสำรวจ เพื่อหาข้อมูล เช่น ลองคิดว่าทำไมไม่จึงลอยได้ ในน้ำแต่เหล็กจมน้ำ

(10) ภาวะที่จะค้นหาคำตอบจากคำถามที่กำกวมไม่ชัดเจน (Tolerance For Ambiguity) เป็นการฝึกให้ผู้เรียนมีความอดทนและพยายามที่จะค้นหาคำตอบต่อปัญหาที่กำกวม หรือสองนัย สลักลับ หรือท้าทายความนึกคิดต่างๆ ตัวอย่างเช่น ลองต่อเติมภาพจากส่วนที่กำหนดให้ สมบูรณ์ ฯ

(11) ส่งเสริมการคิดเชิงญาณ (Intuitive Expression) เป็นการฝึกให้รู้จักการแสดงความรู้สึกความคิดที่เกิดจากมีสิ่งมาเร้าอวัยวะรับสัมผัส การคิดทางอารมณ์ หรือการคิดจากกลางสังหรณ์ ตัวอย่างเช่น สมมติเป็นสิ่งที่ไม่มีชีวิตแล้วให้บอกความรู้สึก

(12) การปรับตัวเพื่อพัฒนาคน (Adjustment For Development) หมายถึงการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักพิจารณาคุณค่าความพลาดพลั้งล้มเหลว ซึ่งเกิดขึ้น โดยตั้งใจหรือไม่ตั้งใจก็ตาม แล้วหาประโยชน์จากการผิดพลาดหรือข้อบกพร่องของตนเอง หรือผู้อื่น ใช้ความผิดพลาดเป็นบทเรียนนำไปสู่ความสำเร็จ

(13) ลักษณะบุคคลและกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Person And Creative Process) หมายถึง การให้ศึกษาประวัติบุคคลสำคัญทั้งในแง่ลักษณะพฤติกรรมและกระบวนการคิด ตลอดจนประสบการณ์ของเขาด้วย ตัวอย่าง เช่น การเปรียบเทียบประวัติบุคคลสำคัญ 2 คน หลังจากการอ่าน หรือฟังประวัติแล้วให้เปรียบเทียบลักษณะนิสัยของคนทั้งสองว่าเหมือนกันและต่างกันอย่างไรและอะไรเป็นจุดสำคัญในชีวิตของเขา

(14) การประเมินสถานการณ์ (Evaluate Situation) หมายถึงการฝึกให้หาคำตอบโดยคำนึงถึงผลที่เกิดขึ้นและความหมายเกี่ยวเนื่องกันด้วยการตั้งคำถามว่า ถ้าเกิดสิ่งนี้แล้วจะเกิดผลอย่างไร

(15) พัฒนาทักษะการอ่านอย่างสร้างสรรค์ (Creative Reading Skill) หมายถึง การฝึกให้รู้จักคิด แสดงความคิดเห็น แสดงความรู้สึกนึกคิดต่อเรื่องที่อ่าน

(16) พัฒนาทักษะการฟังอย่างสร้างสรรค์ (Creative Listening Skill) หมายถึง การฝึกให้เกิดความรู้สึกนึกคิดในขณะที่ฟังหลังจากฟังบทความเรื่องราว คนตรี เพื่อเป็นการศึกษาข้อมูลความรู้ ซึ่งโยงไปหาสิ่งอื่นต่อไป เช่น การให้ผู้เรียนฟังดนตรี แล้วคิดทำต้นไม้ขึ้น เป็นต้น

(17) พัฒนาทักษะการเขียนอย่างสร้างสรรค์ (Creative Writing Skill) หมายถึง การฝึกให้แสดงความคิด ความรู้สึกและจินตนาการด้านการเขียนบรรยายหรือพรรณนาให้เห็นภาพชัดเจน ตัวอย่างเช่น กำหนดคำมาให้แล้วให้ผู้เรียนแต่งเรื่องคำเหล่านี้

(18) ทักษะการมองเห็นภาพในมิติต่างๆ (Visualization Skill) หมายถึง การฝึกให้แสดงความรู้สึกนึกคิดจากภาพในแง่มุมแปลกๆ ใหม่ๆ ไม่ซ้ำของเดิม ตัวอย่างเช่น ลองวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้ เช่น สามเหลี่ยม วงกลม สี่เหลี่ยม เป็นต้น

จะเห็นได้ว่าการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์นั้นมีวิธีการหลากหลาย ซึ่งขึ้นอยู่กับความประสงค์ของแต่ละบุคคลว่าต้องการที่จะนำลักษณะของการพัฒนาไปใช้ เพราะว่าทุกรูปแบบสามารถที่จะนำมาส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ได้ทั้งสิ้น

### 2.6.6 กิจกรรมที่ส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์

สุสดี กุฎอินทร์ (2524) ได้เสนอแนวคิดไว้ ดังนี้

(1) การฝึกการแก้ปัญหาในทางสร้างสรรค์ เป็นวิธีการที่ครูกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดแบบอเนกนัย ครูอาจจะเป็นคนป้อนปัญหาให้หรือจากการเสนอของผู้เรียนก็ได้ เทคนิคในการแก้ปัญหาที่จะกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ก็มีหลายประการ เช่น เทคนิคในการระดมพลังสมอง เทคนิคการใช้คำถามรวมทั้งการที่ครูดัดแปลงวิธีการที่ใช้ในแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่ใช้ฝึกกับผู้เรียน

(2) การระดมพลังสมองเป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้มาจากแนวทางในการแก้ปัญหา จุดประสงค์ของการระดมพลังสมองมี 2 ประการ ประการแรก เป็นจุดประสงค์ระยะยาวเพื่อแก้ปัญหาที่สำคัญ ประการที่สอง เป็นจุดประสงค์ระยะสั้น เพื่อให้ได้ความคิดต่างๆ ที่อาจจะมีคุณค่าในการแก้ปัญหา

(3) การใช้บทเรียนสำเร็จรูปหรือชุดการฝึกความคิดสร้างสรรค์ รวมทั้งแผนการจัดการเรียนรู้ และคู่มือครูในชุดการฝึก ซึ่งทั้งหมดนี้ เน้นคุณลักษณะ 8 ประการ คือ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดไม่ซ้ำแบบ ความคิดแตกต่าง ความกล้าเสี่ยง ความซับซ้อน ความกระตือรือร้นและจินตนาการ

(4) การให้กำลังใจและให้รางวัล วิธีการกระตุ้นให้มีความคิดสร้างสรรค์ เพิ่มพูนขึ้นวิธีหนึ่ง คือการให้กำลังใจ การให้รางวัล

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) กิจกรรมความคิดสร้างสรรค์ เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่จัดให้ผู้เรียนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สามารถจัดได้หลากหลายรูปแบบ เช่น กิจกรรมทางภาษา กิจกรรมการแสดงออกทางจินตนาการ การวาดรูป การเล่านิทาน โดยใช้เทคนิคต่างๆ การเล่นเกมแบบต่างๆ งานสร้างสรรค์ จากกระดาษ การปั้น การประดิษฐ์ รวมทั้งการฝึกแก้ปัญหาในทางสร้างสรรค์การใช้แบบฝึกความคิดสร้างสรรค์ และการใช้บทเรียนสำเร็จรูป เป็นต้น

## 2.7 การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

มาตรา 22 และ 23 ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 ได้กำหนดแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ความสำคัญแก่ผู้เรียน การจัดการศึกษาต้องคำนึงถึงคุณภาพทั้งด้านความรู้ กระบวนการเรียนรู้ และการเชื่อมโยงความรู้ที่ผู้เรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงได้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดการปฏิบัติจริงเพื่อส่งเสริมและพัฒนาการคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาได้อย่างฉลาดและพอเพียง ตามความสนใจ ความถนัด และความสามารถของผู้เรียน

การสอนแบบโครงงานเป็นการจัดการเรียนการสอนแบบหนึ่งที่สอดคล้องกับแนวทางการจัดการศึกษาตามมาตรา 22 และ มาตรา 23 และใช้พัฒนาวิธีการเรียนรู้ทางปัญญา (Intellectual Strategy) เพื่อเอื้อหนุนผู้เรียนให้เข้าถึงตัวความรู้ (Body Of Knowledge) และความชำนาญทางด้านทักษะในสิ่งที่เรียน (Body Of Process) เพราะเป็นการสอนที่มุ่งให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง สามารถคิดวิเคราะห์ อย่างมีเหตุผล มีกระบวนการทำงานและทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้ โดยมีครูเป็นที่ปรึกษาให้คำแนะนำ และกระตุ้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เต็มศักยภาพ

### 2.7.1 ความหมายของโครงงาน (Project)

โครงงาน คืองานที่มอบหมายให้นักเรียน หรือกลุ่มนักเรียนทำตามรายวิชาต่างๆ ในหลักสูตรมีลักษณะงานเหมือนที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า และลงมือปฏิบัติด้วยตนเองภายใต้การดูแลและให้คำปรึกษาของครูตั้งแต่การคิดสร้าง โครงงาน การวางแผนการดำเนินการ การออกแบบลงมือปฏิบัติรวมทั้งร่วมกำหนดแนวทางในการวัดผลและประเมิน

### 2.7.2 ความหมายของโครงงานวิทยาศาสตร์ (Science Project)

โครงงานวิทยาศาสตร์ คือกระบวนการศึกษาค้นคว้าตามความถนัด ความสนใจ ความสามารถของผู้เรียนเองภายใต้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือผลงานที่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง โดยนักเรียนเป็นผู้วางแผนการศึกษาค้นคว้าดำเนินการด้วยตนเอง เพื่อให้เกิดการเรียนรู้มีเจตคติที่ดีต่อกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ครูเป็นเพียงผู้ให้คำปรึกษาเท่านั้น

### 2.7.3 ประเภทของโครงงาน

แบ่งตามลักษณะของกิจกรรมได้ 4 ประเภท คือ

#### 2.7.3.1 โครงงานประเภทสำรวจ (Survey Research Project)

โครงงานประเภทนี้ผู้เรียนเพียงแต่ต้องการสำรวจและรวบรวมข้อมูลแล้ว นำข้อมูลเหล่านั้นมาจำแนกเป็นหมวดหมู่ และนำเสนอในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อให้เห็นลักษณะหรือความสัมพันธ์ในเรื่องที่ต้องการศึกษาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ตัวอย่างโครงงานประเภทนี้ เช่น

- 1) การสำรวจประชากรและชนิดของผีเสื้อในบริเวณป่าเขามหาชัย

2) การสำรวจคุณภาพน้ำในคลองหน้าเมือง อำเภอเมือง จังหวัด นครศรีธรรมราช

3) การสำรวจมลพิษทางอากาศบริเวณสะพานลอยตรงสี่แยกท่าวัง ตำบล ท่าวัง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช

### 2.7.3.2 โครงการประเภทการทดลอง (Experimental Research Project)

โครงการประเภทนี้เป็นโครงการที่มีการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษา ผลของ ตัวแปรหนึ่งที่มีผลต่อตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่ต้องการศึกษา โดยควบคุมตัวแปรอื่นๆ ที่อาจมีผล ต่อตัวแปรที่ต้องการศึกษาไว้ ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการประเภทนี้จะประกอบด้วย การ กำหนดปัญหา การกำหนดจุดประสงค์ การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การดำเนินการทดลอง การรวบรวมข้อมูล การตีความหมายข้อมูลและการสรุป ตัวอย่างโครงการประเภทนี้ เช่น

- 1) การเปรียบเทียบผลของสารเคมีที่มีผลต่อการพัฒนาการทางกายและการเจริญเติบโตของหนูขาว
- 2) ผลของความเข้มข้นของแสงที่มีต่อการเจริญเติบโตของสาหร่ายหาง กระรอก
- 3) ผลของความเข้มข้นของสารละลายควันทันบุหรี่ (Smoke Solution) ที่มี ต่อการงอกของเมล็ดข้าวโพด

### 2.7.3.3 โครงการประเภทสิ่งประดิษฐ์ (Development Research Project)

โครงการประเภทนี้เป็นโครงการเกี่ยวกับการประยุกต์ ทฤษฎี หรือ หลักการทางวิทยาศาสตร์หรือด้านอื่นๆ มาประดิษฐ์ของเล่น เครื่องมือ เครื่องใช้หรืออุปกรณ์ เพื่อ ประโยชน์ใช้สอยต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นสิ่งประดิษฐ์ใหม่ หรือปรับปรุงเปลี่ยนแปลงของเดิมที่มีอยู่ แล้วให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นก็ได้ อาจจะเป็นด้านสังคม หรือด้านวิทยาศาสตร์ หรือการสร้าง แบบจำลองเพื่ออธิบายแนวคิดต่างๆ ด้วย ตัวอย่างโครงการประเภทนี้ ได้แก่

- 1) โครงการประดิษฐ์กระดิ่งไฟฟ้าไล่กระรอกในสวนเงาะ
- 2) โครงการประดิษฐ์ปืน โดอิเล็กทรอนิกส์
- 3) แบบจำลองการใช้พลังงานความร้อนในโรงเพาะเห็ด

### 2.7.3.4 โครงการประเภททฤษฎี (Theoretical Research Project)

โครงการประเภทนี้เป็นโครงการนำเสนอทฤษฎี หลักการหรือแนวคิดใหม่ๆ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของสูตรสมการ หรือคำอธิบายก็ได้ โดยผู้เสนอได้ตั้งกติกาหรือข้อตกลงขึ้นมาเอง แล้ว นำเสนอทฤษฎี หลักการหรือแนวคิด หรือจินตนาการของตนเองตามกติกาหรือข้อตกลงนั้น หรืออาจจะใช้ กติกาหรือข้อตกลงเดิมมาอธิบายก็ได้ ผลการอธิบายอาจจะใหม่ยังไม่มีใครคิดมาก่อนหรืออาจจะขัดแย้ง

กับทฤษฎีเดิม หรืออาจจะเป็นการขยายทฤษฎีหรือแนวคิดเดิมก็ได้ ซึ่งผู้ที่ทำโครงการประเภทนี้ต้องมีพื้นฐานความรู้ในเรื่องนั้นๆ อย่างดี โครงการประเภทนี้ ได้แก่

- 1) โครงการทฤษฎีของเซต
- 2) โครงการทฤษฎีดาวเคราะห์น้อย
- 3) โครงการทฤษฎีการเกิดคลื่นความร้อนในมหาสมุทร เป็นต้น

#### 2.7.4. แนวทางการจัดการการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ มี 2 แนวทาง ดังนี้

2.7.4.1 การจัดกิจกรรมตามความสนใจของผู้เรียน เป็นการจัดกิจกรรมที่ทำให้ผู้เรียนเลือกศึกษาโครงการจากสิ่งที่น่าสนใจยากู้ที่มีอยู่ในชีวิตประจำวัน สิ่งแวดล้อมในสังคม หรือจากประสบการณ์ต่างๆ ที่ยังต้องการคำตอบ ข้อสรุป ซึ่งอาจจะอยู่นอกเหนือจากสาระการเรียนรู้ในบทเรียนของหลักสูตร มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ตรวจสอบ วิเคราะห์ พิจารณา รวบรวมความสนใจของผู้เรียน
- 2) กำหนดประเด็นปัญหา หัวข้อเรื่อง
- 3) กำหนดวัตถุประสงค์
- 4) ตั้งสมมติฐาน
- 5) กำหนดวิธีการศึกษาและแหล่งเรียนรู้
- 6) กำหนดเค้าโครงของโครงการ
- 7) ตรวจสอบสมมติฐาน
- 8) สรุปผลการศึกษาและการนำไปใช้
- 9) เขียนรายงานวิจัยแบบง่ายๆ
- 10) จัดแสดงผลงาน

2.7.4.2 การจัดกิจกรรมตามสาระการเรียนรู้ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยยึดเนื้อหาสาระตามที่หลักสูตรกำหนด ผู้เรียนเลือกทำโครงการตามสาระการเรียนรู้ จากหน่วยเนื้อหาที่เรียนในชั้นเรียน นำมาเป็นหัวข้อโครงการ มีขั้นตอนที่ผู้สอนดำเนินการ ดังต่อไปนี้

- 1) เริ่มจากการศึกษาเอกสารหลักสูตร คู่มือครู
- 2) วิเคราะห์หลักสูตร
- 3) วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา เพื่อแยกเนื้อหาจุดประสงค์และกิจกรรม
- 4) จัดทำกำหนดการสอน
- 5) เขียนแผนการจัดการเรียนรู้

ให้เด่นชัด

6) ผลิตสื่อ จัดหาแหล่งการเรียนรู้ ภูมิปัญญาท้องถิ่น

7) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

7.1) แจกจุดประสงค์ เนื้อหาของหลักสูตรให้ผู้เรียนทราบ

7.2) กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนในขอบเขตของเนื้อหาและ

จุดประสงค์ในหลักสูตร

7.3) จัดกลุ่มผู้เรียนตามความสนใจ

7.4) ผู้สอนใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการจัด

กิจกรรมการเรียนรู้

7.5) ผู้เรียนแต่ละกลุ่มศึกษาตามที่ตกลงกันได้ (จากคำถามที่ผู้สอนซักถาม) ภายใต้กรอบเวลาในแต่ละครั้ง ถ้ายังไม่สำเร็จให้ศึกษาต่อในคาบต่อไป

7.6) ผู้เรียนทุกคนต้องสรุปองค์ความรู้ได้ด้วยการเรียนของผู้เรียนและสามารถนำเสนอความรู้ที่ได้แก่เพื่อน ๆ และผู้สอนได้

7.7) ผู้เรียนเขียนรายงานวิจัยแบบง่ายๆ และแสดงผลงานในรูปแผน

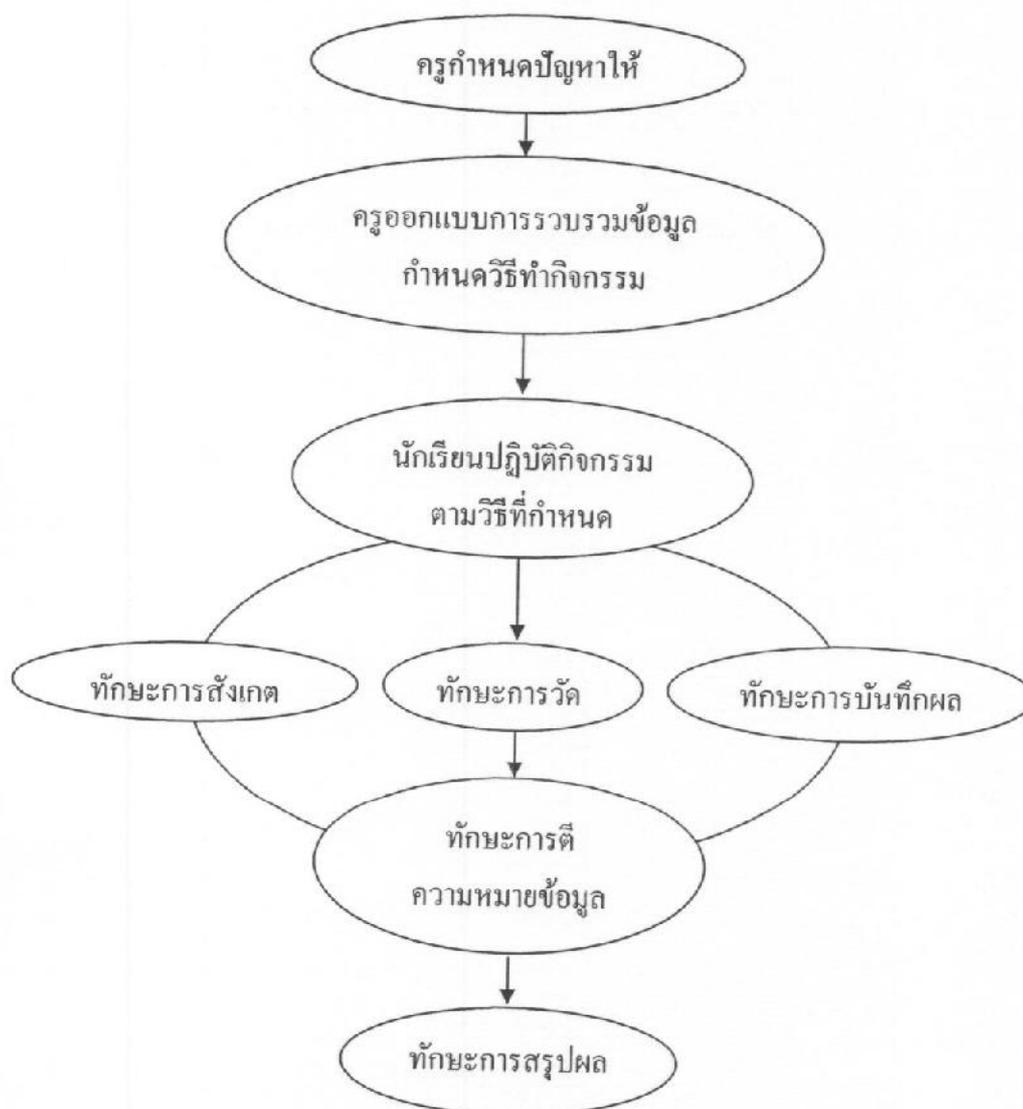
โครงการ

8) ผู้สอนจัดแหล่งความรู้เพิ่มเติมให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

9) ผู้สอนเขียนบันทึกผลการเรียนรู้

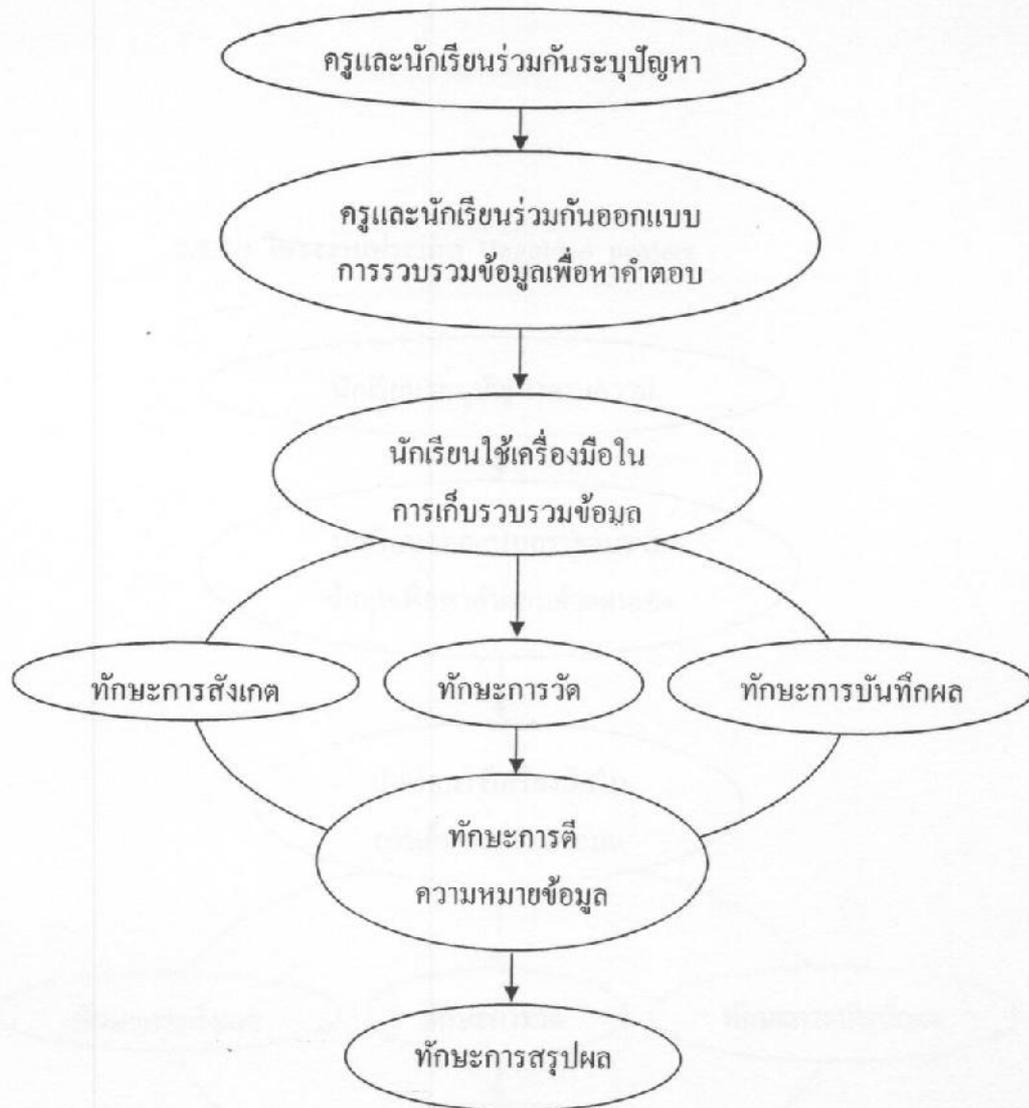
2.7.5 ประเภทโครงการแบ่งตามระดับการให้คำปรึกษาของครู  
 ประเภทโครงการแบ่งตามระดับการให้คำปรึกษาของครู หรือระดับความคิดเห็น  
 ของนักเรียน ได้ 3 ประเภท คือ

### 2.7.5.1 โครงการประเภท Guided project



ภาพที่ 2.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการประเภท Guided project

### 2.7.5.2 โครงการประเภท Less – guided project



ภาพที่ 2.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการประเภท Less-guided project

## 2.7.6 ปรัชญาการศึกษาของการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

การจัดการเรียนรู้แบบโครงการได้อาศัยพื้นฐานแนวคิดที่ว่ามนุษย์จะสร้างความรู้ใหม่ขึ้นจากการกระทำและการมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น การเรียนรู้ยังตั้งอยู่บนข้อสันนิษฐานที่ว่าความรู้ใหม่ได้มาจากสิ่งที่สัมพันธ์กับความรู้ที่มีมาก่อน การสร้างความคิดริเริ่มใหม่และประสบการณ์เดิมที่ไม่เป็นทางการและยังสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การเรียนรู้แบบโครงการจะมีพลังมากยิ่งขึ้นถ้าได้รับการส่งเสริมจากสมาชิกในกลุ่มมากกว่าให้นักเรียนคนใดคนหนึ่งคิดคนเดียว การเรียนรู้แบบโครงการถูกสร้างขึ้นจากความต้องการของผู้เรียนที่ต้องการขยายแหล่งเรียนรู้ของตนให้กว้างขวางมากขึ้นจากข้อมูลที่มีอยู่ในตำราเล่มหนึ่ง ไปสู่การเรียนรู้ที่เชื่อมโยงสัมพันธ์กันกว้างขวางยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากอินเทอร์เน็ต ซึ่งการเรียนรู้ในลักษณะดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมการทำงานร่วมกันและนำความรู้ของแต่ละคนมือข้อมารวมกัน

### 2.7.6.1 บุคคลที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

#### 1) อาจารย์ผู้สอนวิชาโครงการ

- 1.1) ให้คำปรึกษา แนะนำ กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหัวข้อ โครงการและวิธีการเขียน โครงการงาน
  - 1.2) จัดงบประมาณ อุปกรณ์สนับสนุนแต่ละโครงการ
  - 1.3) ติดตามความก้าวหน้าในการปฏิบัติงานของผู้เรียนแต่ละสัปดาห์
  - 1.4) เป็นกรรมการตรวจสอบโครงการ
  - 1.5) รวบรวมผลการประเมินเพื่อตัดสินความสำเร็จในวิชาโครงการ
  - 1.6) ประชาสัมพันธ์หรือจัดนิทรรศการเผยแพร่ผลงาน โครงการงาน
- ไปสู่สาธารณชน และสถานประกอบการ

#### 2) อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

- 2.1) ให้ความรู้ด้านทฤษฎี หลักการ กระบวนการ วิธีการคิด และยุทธศาสตร์การคิด
- 2.2) ให้คำแนะนำ ชี้แนะแหล่งข้อมูล แหล่งความรู้ และวิธีการดำเนินงานที่ถูกต้อง
- 2.3) ให้ความรู้ ทักษะ และเทคนิคในการทำโครงการ
- 2.4) เป็นที่ปรึกษาโครงการ
- 2.5) เป็นกรรมการสอน โครงการงานทั้งหมด ทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ

2.6) ประสานงานกับอาจารย์ผู้สอนและผู้ที่เกี่ยวข้อง

2.7) ติดตามผลและประเมินผลวิชาโครงการ

### 2.7.6.2 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

การจัดการเรียนการสอนแบบโครงการ คือการจัดการสอนที่จัดประสบการณ์ในการปฏิบัติงานให้แก่ผู้เรียนเหมือนกับการทำงานในชีวิตจริงอย่างมีระบบ เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหา วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้ทำการทดลอง ได้พิสูจน์สิ่งต่าง ๆ ด้วยตนเอง รู้จักการวางแผนการทำงาน ฝึกการเป็นผู้นำ ผู้ตาม ตลอดจนได้พัฒนากระบวนการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง (Higher Order Thinking) และการประเมินตนเอง

### 2.7.6.3 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบโครงการ

การทำโครงการเป็นกิจกรรมที่ต่อเนื่องและมีการดำเนินงานหลายขั้นตอน ตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงขั้นสุดท้าย อาจสรุปลำดับได้ดังนี้

#### 1) การคิดและเลือกหัวเรื่อง

ผู้เรียนจะต้องคิดและเลือกหัวเรื่องของโครงการด้วยตนเองว่าอยากจะศึกษาอะไร ทำไมจึงอยากศึกษา หัวเรื่องของโครงการมักจะได้มาจากปัญหา คำถาม หรือความอยากรู้อยากเห็นเกี่ยวกับเรื่องต่าง ๆ ของผู้เรียนเอง หัวเรื่องของโครงการควรเฉพาะเจาะจงและชัดเจน เมื่อใครได้อ่านชื่อเรื่องแล้ว ควรเข้าใจและรู้เรื่องว่า โครงการนี้ทำอะไร การกำหนดหัวเรื่องของโครงการนั้น มีแหล่งที่จะช่วยกระตุ้นให้เกิดความคิดและสนใจ จากหลายแหล่งด้วยกัน เช่น จากการอ่านหนังสือ เอกสาร บทความ การไปเยี่ยมชมสถานที่ต่าง ๆ การฟังบรรยายทางวิชาการ การเข้าชมนิทรรศการ หรืองานประกวดโครงการทางวิทยาศาสตร์ การสนทนากับบุคคลต่าง ๆ หรือจากการสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ รอบตัว เป็นต้น

#### 2) การวางแผน

การวางแผนการทำโครงการ จะรวมถึงการเขียนเค้าโครงของโครงการ ซึ่งต้องมีการวางแผนไว้ล่วงหน้า เพื่อให้การดำเนินการเป็นไปอย่างรัดกุมและรอบคอบ ไม่สับสน แล้วนำเสนอต่อผู้สอน หรือครูที่ปรึกษาเพื่อขอความเห็นชอบก่อนดำเนินการขั้นต่อไป

การเขียนเค้าโครงของโครงการ โดยทั่วไปเขียนเพื่อแสดงแนวคิดแผนงานและขั้นตอนการทำโครงการ ซึ่งประกอบด้วยรายละเอียด ดังนี้

2.1) ชื่อโครงการ ควรเป็นข้อความที่มีความกะทัดรัดชัดเจนสื่อความหมายตรง

2.2) ชื่อผู้ทำโครงการ ชั้น ปีการศึกษา

2.3) ชื่อที่ปรึกษาโครงการ

2.4) หลักการและเหตุผลของโครงการ เป็นการอธิบายว่าเหตุใดจึงเลือกทำ โครงการเรื่องนี้ มีความสำคัญอย่างไร มีหลักการหรือทฤษฎีอะไรที่เกี่ยวข้อง เรื่องที่ทำเป็น เรื่องใหม่หรือมีผู้อื่น ได้ศึกษา ค้นคว้าเรื่องนี้ไว้บ้างแล้ว ถ้ามีได้ผลเป็นอย่างไร เรื่องที่ทำได้ขยาย เพิ่มเติมปรับปรุงจากเรื่องที่มีผู้อื่นทำไว้อย่างไร หรือเป็นการทำซ้ำเพื่อตรวจสอบผล

2.5) จุดมุ่งหมาย วัตถุประสงค์ ควรมีความเฉพาะเจาะจงและสามารถวัดได้ เป็นการบอกขอบเขตของงานที่จะทำได้ชัดเจนขึ้น

2.6) สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) สมมติฐานเป็นคำตอบ หรือคำอธิบายที่คาดไว้ล่วงหน้า ซึ่งอาจจะถูกหรือไม่ก็ได้ การเขียนสมมติฐานควรมีเหตุผล มี ทฤษฎี หรือหลักการรองรับ และที่สำคัญคือเป็นข้อความที่มองเห็นแนวทางในการดำเนินการ ทดสอบได้ นอกจากนี้ควรมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามด้วย

2.7) วิธีดำเนินงาน ขั้นตอนการดำเนินงาน จะต้องอธิบายว่าจะ ออกแบบการทดลองอะไร อย่างไร จะเก็บข้อมูลอะไรบ้าง รวมทั้งระบุวัสดุอุปกรณ์ที่จำเป็นต้องใช้มี อะไรบ้าง

2.8) แผนปฏิบัติงาน อธิบายเกี่ยวกับกำหนดเวลาตั้งแต่เริ่มต้นจน เสร็จสิ้นการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน

2.9) ผลที่คาดว่าจะได้รับ

2.10) เอกสารอ้างอิง

### 3) การดำเนินงาน

เมื่อที่ปรึกษาโครงการให้ความเห็นชอบเค้าโครงของโครงการแล้ว ต่อไปก็เป็น ขั้นตอนปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่ได้ระบุไว้ ผู้เรียนต้องพยายามทำตามแผนงานที่วางไว้ เตรียมวัสดุอุปกรณ์และสถานที่ให้พร้อม ปฏิบัติงานด้วยความละเอียดรอบคอบ คำนึงถึงความ ประหยัดและปลอดภัยในการทำงาน ตลอดจนการบันทึกข้อมูลต่างๆ ว่าได้ทำอะไรไปบ้าง ได้ผล อย่างไร มีปัญหาและข้อคิดเห็นอย่างไร พยายามบันทึกให้เป็นระเบียบและครบถ้วน

### 4) การเขียนรายงาน

การเขียนรายงานเกี่ยวกับโครงการ เป็นวิธีสื่อความหมายวิธีหนึ่งที่จะ ให้ผู้อื่นได้เข้าใจถึงแนวคิด วิธีการดำเนินงาน ผลที่ได้ ตลอดจนข้อสรุปและข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับโครงการนั้น การเขียนโครงการควรใช้ภาษาที่อ่านแล้วเข้าใจง่าย ชัดเจนและครอบคลุม ประเด็นสำคัญๆ ทั้งหมดของโครงการ

### 5) การนำเสนอผลงาน

การนำเสนอผลงานเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำโครงการเป็นวิธีการที่จะทำให้ผู้อื่นได้รับรู้และเข้าใจถึงผลงานนั้น การนำเสนอผลงานอาจทำได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับประเภทของโครงการ เนื้อหา เวลา ระดับของผู้เรียน เช่น การแสดงบทบาทสมมติ การเล่าเรื่อง การเขียนรายงาน สถานการณ์จำลอง การสาธิต การจัดนิทรรศการ ซึ่งอาจจะมีทั้งการจัดแสดงและการอธิบายด้วยคำพูด หรือการรายงานปากเปล่า การบรรยาย การใช้ CAI (Computer Assisted Instruction) การใช้ Multimedia Computer / Homepage แต่สิ่งที่สำคัญคือผลงานที่จัดแสดงต้องดึงดูดความสนใจของผู้ชม มีความชัดเจน เข้าใจง่าย และมีความถูกต้อง

#### 2.7.7 การประเมินผลโครงการ

การประเมินผลเป็นหัวใจของการเรียนการสอน ที่สะท้อนสภาพความสำเร็จของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันประเมินผลว่ากิจกรรมที่ทำไปนั้นบรรลุตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ อย่างไร ปัญหาและอุปสรรคที่พบคืออะไรบ้าง ได้ใช้วิธีการแก้ไขอย่างไร ผู้เรียนได้เรียนรู้อะไรบ้างจากการทำโครงการนี้ โดยผู้ประเมินโครงการ อาจดำเนินการด้วยบุคคล ต่อไปนี้

2.7.7.1 ผู้เรียนประเมินตนเอง จะแสดงออกให้เห็นว่า ผู้เรียนเจ้าของโครงการซึ่งอาจเป็นรายบุคคล หรือกลุ่มทำงาน มีความพึงพอใจต่อขั้นตอนของกิจกรรมแต่ละขั้นตอนที่ได้กำหนด หรือร่วมกันกำหนดขึ้นเองเพียงใด มีหัวข้อกิจกรรมใดที่ยังขาดตกบกพร่อง จะต้องเพิ่มเติมในส่วนใดบ้าง ความละเอียด รัดกุม ในแต่ละขั้นเป็นอย่างไร

2.7.7.2 ผู้ประเมินซึ่งเป็นเพื่อนร่วมชั้น อาจให้ข้อคิดเห็นสะท้อนภาพเพิ่มเติม เช่น ในระดับชั้นประถมศึกษา เพื่อนอาจให้ความเห็นไปในเรื่องของการเรียน การใช้ตัวสะกด การันต์ วรรคตอน ซึ่งเน้นไปในด้านภาษา ระดับชั้นมัธยมศึกษา การประเมิน โครงการ อาจเริ่มขยายขอบเขตจากด้านการใช้ภาษา ออกไปถึงการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการจัดซื้อโครงการกับจุดประสงค์ของโครงการ และตามความเข้าใจของผู้ประเมิน เสนอแนะวิธีการศึกษาของผู้ประเมิน เพื่อการพิจารณาการจัดรูปแบบเพื่อการนำเสนอโครงการฯ

2.7.7.3 ผู้ประเมินซึ่งเป็นผู้สอน หรือครูที่ปรึกษา อาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมได้ในเรื่องวิธีการอื่นที่ใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ความสัมพันธ์ของวิชาตามหัวเรื่องที่ศึกษากับวิชาอื่น ข้อค้นพบที่ผู้เรียนได้จากโครงการนำคำตอบของการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์การนำข้อค้นพบที่ต่างไปจากเป้าหมายของการศึกษาไปใช้ประโยชน์หรือขยายผลการศึกษาเป็น โครงการใหม่ฯ

2.7.7.4 ผู้ประเมินที่เป็นพ่อแม่ ผู้ปกครอง จะได้รับทราบถึงความสามารถ ความถนัดทางการเรียนของลูกหรือเด็กในความปกครอง ความรู้สึก ความต้องการของเด็กผู้ทำโครงการ

ทำให้สามารถปรับตัวปรับใจเพื่อการสนับสนุนทั้งด้านการเงิน กำลังใจ ให้โอกาส ให้เวลาร่วมกิจกรรมตามความสนใจของเด็ก ซึ่งแนะอุปสรรค ปัญหาเบื้องต้นที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติกิจกรรมขั้นต่างๆ ของโครงการ ข้อเสนอแนะสำหรับการทำโครงการครั้งต่อไป

### 2.7.8 ขั้นตอนการจัดทำโครงการวิทยาศาสตร์

2.7.8.1 ขั้นตอนที่ 1 การได้มาของปัญหาที่จะทำโครงการวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไป เรื่องที่จะนำมาเป็นโครงการนั้นมาจากปัญหา คำถาม หรือความสนใจในเรื่องต่างๆ จากการสังเกต สิ่งรอบตัวข้อเสนอแนะเวลาจะหาเรื่องที่จะทำโครงการลอง เขียนคำถามที่อยากรู้คำตอบลงในกระดาษ ประมาณ 20 ข้อ แล้วจากนั้นจึงเลือกคำถามที่น่าสนใจและน่าจะนำมาศึกษาเพื่อเป็นโครงการต่อไป

2.7.8.2 ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาค้นคว้าจากเอกสารและแหล่งข้อมูล ขั้นตอนนี้ เพื่อช่วยให้ได้แนวคิดที่ใช้กำหนดขอบเขตของเรื่องที่จะศึกษาได้เฉพาะเจาะจงมากขึ้น รวมทั้งได้ความรู้เพิ่มเติม ในเรื่องที่จะศึกษาค้นคว้าดังกล่าวซึ่งเมื่อศึกษาแล้วควรบันทึกสรุปสาระสำคัญไว้ด้วย แหล่งข้อมูล เช่น การปรึกษาผู้ทรงคุณวุฒิ การศึกษาผลงานของโครงการวิทยาศาสตร์ การแสดงนิทรรศการโครงการวิทยาศาสตร์ การศึกษาเทคนิคและวิธีการทดลอง ผลการศึกษาทดลอง ฯลฯ

2.7.8.3 ขั้นตอนที่ 3 การจัดทำเค้าโครงของโครงการวิทยาศาสตร์ โดยเค้าโครงโครงการวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

- 1) ชื่อเรื่อง
- 2) ผู้ทำโครงการและที่ปรึกษาโครงการ
- 3) ที่มาและปัญหาหรือเหตุจูงใจในการทำงาน
- 4) วัตถุประสงค์
- 5) สมมติฐานและการกำหนดตัวแปร กรณีเป็นโครงการทดลองและประดิษฐ์
- 6) วิธีการดำเนินงานได้แก่วัสดุอุปกรณ์ที่ต้องใช้แนวทางการศึกษาค้นคว้า และทดลอง ซึ่งอธิบายเกี่ยวกับการออกแบบการทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์ หรืออื่นๆ การเก็บข้อมูล การวิเคราะห์และนำเสนอข้อมูล
- 7) แผนการปฏิบัติงาน โดยกำหนดระยะเวลาในการศึกษากี่วันและศึกษาช่วงใด
- 8) ผลที่คาดว่าจะได้รับ
- 9) เอกสารอ้างอิง
- 10) เสนอโครงการต่อที่ปรึกษา

#### 2.7.8.4 ขั้นตอนที่ 4 การลงมือทำโครงการงานวิทยาศาสตร์ ตามแผนที่วางไว้ ดังนี้

1) เตรียมวัสดุอุปกรณ์สารเคมี สถานที่ให้พร้อมก่อนการลงมือรวมทั้งเตรียมสมุดบันทึกการทำกิจกรรมต่างๆ ระหว่างทำโครงการ เช่น ผลการศึกษา ปัญหา แนวทางแก้ไข รวมทั้งข้อสังเกตต่างๆ

2) การลงมือปฏิบัติ ตามแผนที่วางไว้ในเค้าโครง โดยจัดระบบการทำงานทำส่วนที่สำคัญๆ ให้เสร็จก่อน ปฏิบัติการทดลองด้วยความละเอียดรอบคอบ บันทึกข้อมูลอย่างเป็นระบบและครบถ้วน ทำการทดลองซ้ำ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือ

3) วิเคราะห์และสรุปผล การวิเคราะห์ เป็นการนำข้อมูลมาจัดกระทำเพื่อนำเสนออย่างเป็นระบบและช่วยให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่าย เช่น ค่าเฉลี่ย หาค่าร้อยละ เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ แล้วอธิบายหรือแปลความหมาย ของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ จากนั้นจึงสรุป การสรุปการวิเคราะห์ด้วยความสั้นๆ กระชับและครอบคลุม ผู้อ่านเข้าใจถึงสิ่งที่ค้นพบจากการทำโครงการ

4) การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ การอภิปรายผลเป็นการพิจารณาข้อมูลที่วิเคราะห์แล้ว พร้อมกับนำไปหาความสัมพันธ์ กับ หลักการ ทฤษฎี หรือผลงานที่ผู้อื่นได้ศึกษาไว้แล้ว ทั้งนี้ยังรวมถึงการนำหลักการ ทฤษฎีหรือผลงานของผู้อื่นมาใช้ประกอบการอภิปรายผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย ซึ่งหลังจากทำโครงการอาจพบข้อสังเกต ประเด็นสำคัญหรือปัญหา ซึ่งสามารถเขียนเป็นข้อเสนอแนะ ให้เห็นถึงปัญหา ที่ควรศึกษาและ/หรือใช้ประโยชน์ต่อไปได้

#### 2.7.8.5 ขั้นตอนที่ 5 การเขียนรายงาน ประกอบด้วยส่วนสำคัญดังต่อไปนี้

1) ส่วนนำ ประกอบด้วย ชื่อโครงการ ชื่อผู้ทำโครงการ ชื่อที่ปรึกษา คำขอบคุณ (กิตติกรรมประกาศ) และ บทคัดย่อ โดยบทคัดย่อความยาวประมาณ 300 - 350 คำ

2) บทนำ ประกอบด้วย ที่มาและความสำคัญของโครงการ , จุดมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า , สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า (ถ้ามี) , ตัวแปรต่างๆ(ถ้ามี) , นิยามศัพท์หรือข้อตกลงเบื้องต้น (ถ้ามี)

3) เอกสารอ้างอิง เป็นส่วนที่แสดงถึงการศึกษาหาข้อมูลหรือหลักการ ทฤษฎี หรือวิธีการที่จะนำมาใช้ในการออกแบบการทดลองต่อไป

4) วิธีดำเนินการ ได้แก่ ระบบวัสดุอุปกรณ์สารเคมีต่างๆ วัสดุทางชีววิทยา (ถ้ามี) ที่ต้องใช้ในการทำงาน อีกส่วนคือ การอธิบายขั้นตอนการทำงานโดยละเอียด

5) ผลการศึกษา นำเสนอข้อมูล หรือผลการทดลองต่างๆ ที่สังเกตรวบรวมได้ รวมทั้งเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ด้วย

6) สรุปและข้อเสนอแนะ อธิบายผลสรุป ที่ได้จากการทำงาน ถ้ามีการตั้งสมมติฐานไว้ระบุว่าข้อมูลที่ได้นับสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐาน ที่ตั้งไว้ หรือยังสรุปไม่ได้

นอกจากนั้นยังควรกล่าวถึงการนำผลการทดลองไปใช้ประโยชน์ อุปสรรคของการทำโครงการ หรือ ข้อสังเกตที่สำคัญหรือข้อผิดพลาด บางประการที่เกิดขึ้นจากการทำโครงการ รวมทั้งข้อเสนอแนะ เพื่อการปรับปรุงแก้ไขหากจะมีผู้ศึกษาค้นคว้าในทำนองนี้ต่อไป

#### 7) บรรณานุกรม

2.7.8.6 ขั้นตอนที่ 6 การนำเสนอผลงานและการแสดงผลงานของโครงการ  
วิทยาศาสตร์ขนาดของแผนโครงการ มีรายละเอียดดังนี้

	← 60 cm →	← 60 cm →	← 60 cm →	← 60 cm →	
60 cm 	ชื่อเรื่อง ชื่อผู้จัดทำโครงการ สังกัด อาจารย์ที่ปรึกษา	- แนวคิดที่มา ความสำคัญของ โครงการ - สมมติฐาน - วัตถุประสงค์ - วัสดุอุปกรณ์	วิธีดำเนินการ ผลการดำเนินการ	สรุป ประโยชน์ ข้อเสนอแนะ	60 cm 
ที่ตั้งอุปกรณ์ประกอบการทำโครงการ					

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.8.1 ทักษะการคิดขั้นสูง

สายยนต์ สิงหศรี (2548) ศึกษาการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ แบ่งออกเป็น 5 วงจร ในการเก็บรวบรวมข้อมูลผู้วิจัยได้บันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแบบบันทึกประจำวันของผู้วิจัยแบบบันทึกการสังเกตพฤติกรรม และแบบบันทึกความคิดเห็นของผู้ช่วยวิจัย แบบทดสอบย่อยท้ายวงจรปฏิบัติการ แล้วนำข้อมูลมาสะท้อนผลการปฏิบัติมาวิเคราะห์ร่วมกับผู้ช่วยวิจัย 1 คน ผลการวิจัยสรุปได้ว่านักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดขั้นสูงเฉลี่ย ร้อยละ 74.08 มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เฉลี่ยร้อยละ 72.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

มยุรี หรุ่นขำ (2544) ศึกษาผลการใช้รูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อความสามารถในการคิดแก้ปัญหาในบริบทของชุมชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนขยายโอกาสทางการศึกษา จำนวน 51 คน ด้วยการให้กลุ่มตัวอย่างใช้รูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณ ผลการศึกษาพบว่าคะแนนกลุ่มตัวอย่างหลังการทดสอบ ใช้รูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณแล้ว มีความสามารถในการคิดแก้ปัญหาสูงกว่านักเรียนที่ไม่ได้รับการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กานดา ทิววัฒน์ปกรณ์ (2543) ศึกษาผลการฝึกแบบการคิดที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 90 คน โดยวิธีการสุ่มแบบแบ่งชั้น (Stratified Random Sampling) ศึกษาโดยใช้แบบฝึกการคิดด้านอุปมาอุปมัย ด้านการเปลี่ยนแปลงรูป ด้านโยงความสัมพันธ์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ และมีปฏิสัมพันธ์กับนักเรียนที่มีผลระดับการเรียนรู้แตกต่างกันอย่างไร ผลการวิจัยพบว่าการฝึกแต่ละวิธีเป็นอิสระไม่ขึ้นกับระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บุษกร คำคง (2542) ได้ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดสงขลา โดยศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิจารณ์ญาณ โดยกลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบสุ่มสองขั้นตอน(Two-Stage Random Sampling)จำนวน ระดับชั้นละ 126 คน รวมทั้งสิ้น 378 คน ผลการวิจัยพบว่าการทดสอบสมมติฐานปัจจัยบางประการที่มีความเกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณทั้งในแต่ละระดับชั้น และรวมชั้นปี มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการคิดวิจารณ์ญาณอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติทุกระดับชั้นปี จนยากจะแยกออกจากกัน โดยเด็ดขาด พบว่ามีความสัมพันธ์ทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกระดับชั้น

ยุพาพันธ์ มินวงษ์ (2541) ศึกษาความสัมพันธ์และเปรียบเทียบความคิดขั้นสูงทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความคิดวิจารณ์ญาณ ความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่มีความสามารถแตกต่างกันทางด้วยวิทยาศาสตร์ 3 กลุ่ม คือ กลุ่มสูงมาก กลุ่มสูง และกลุ่มกลาง โดยประเมินความสำเร็จจากการทำโครงการวิทยาศาสตร์ นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว พบว่านักเรียนที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์สูงมากกับกลุ่มสูงมีความคิดวิจารณ์ญาณแตกต่างกัน ส่วนความคิดสร้างสรรค์ทั้งสามกลุ่มไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบว่าความคิดระดับสูงทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันสองคู่ คู่แรกคือ ความคิดวิจารณ์ญาณกับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และคู่ที่สองคือ ความคิดสร้างสรรค์กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ แต่ความคิดวิจารณ์ญาณกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์กัน

ยุติพงษ์ ศิรินันท์ (2539) ศึกษาการใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในงานวิจัยเป็นนักเรียนมัธยมจำนวน 45 คน ผลการวิจัยพบว่าหลังจากการใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์โดยเฉลี่ยสูงขึ้นทุกด้าน คือด้านความคิดคล่อง

ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และคะแนนความคิดสร้างสรรค์มีความสัมพันธ์กับคะแนนที่ได้จากแบบทดสอบวัดความเข้าใจเกี่ยวกับชุดกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Albono (1987) ได้ทำการทดลองความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยทักษะทางสมอง 4 ประเภทคือ ทักษะด้านจินตนาการ (Imagary) ทักษะด้านอุปมา (Analogy) ทักษะด้านการโยงความสัมพันธ์ (Association) และทักษะด้านการเปลี่ยนรูป (Transformation) โดยใช้ทหาร ทหารจำนวน 66 คนของหน่วยสื่อสาร ในรัฐนิวเจอร์ซีย์ อเมริกา เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งใช้ช่วงสี่กระหว่างเดือนมิถุนายนถึงเดือนกรกฎาคม 1985 ด้วยเวลา 20 ชั่วโมง หลังการฝึกพบว่าทหารมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น

Teagle (1986) พัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ด้วยวิธีการสอนแบบ Socratic Method เกี่ยวกับการตั้งคำถาม การแก้ปัญหา การทดลอง สืบสวน สอบสวน โดยแยกกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มทดลองมีคะแนนทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงกว่ากลุ่มควบคุม

จากงานวิจัยในประเทศ และต่างประเทศแสดงให้เห็นว่าการฝึกหรือพัฒนาด้านการคิดประเภทต่างๆ สามารถทำได้หลายรูปแบบ เช่น การใช้แบบฝึกทักษะกระบวนการคิดทั้ง 4 ด้าน หรือชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิด หรือการลงมือทำการทดลอง ซึ่งจะเห็นว่ารูปแบบการจัดการเรียนการสอนต้องอาศัยการที่นักเรียนต้องเป็นผู้ลงมือปฏิบัติหรือกระทำด้วยตัวของผู้เรียนเอง จึงจะทำให้พัฒนาการคิดประเภทต่างๆ เช่นการคิดวิจารณ์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้การพัฒนากระบวนการคิด มีความยั่งยืน จึงควรจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือหรือปฏิบัติ และมีรูปแบบการพัฒนาการคิดแบบที่ระบบ

## 2.8.2 การจัดการเรียนรู้แบบโครงงาน

เด่นศักดิ์ มั่นคง (2549) พัฒนาทักษะการคิดและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ จำนวน 20 คน โดยใช้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ จำนวน 9 แผน ใช้เวลาในการสอน 18 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดทักษะการคิด เฉลี่ยร้อยละ 65.00 ซึ่งยังต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แต่นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ย 73.25 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด

ณัฐพงศ์ ฉลาดเข้ม (2547) พัฒนากิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนในอำเภอศรีบุญเรือง สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาหนองบัวลำภู เขต 1 โดยรับสมัครนักเรียนจาก 25 โรงเรียนคัดเลือกเหลือจำนวน 30 คน

พบว่าคะแนนประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมโครงการอยู่ที่ 4.40 แปลความหมายว่า เหมาะสมมาก และผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างคะแนนความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พิไลลักษณ์ ศิลประเสริฐ (2546) ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรู้ด้วยการทำกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ กลุ่มทดลอง 30 คนและกลุ่มควบคุม 30 คน พบว่า ความสามารถในการแก้ไขปัญหานักเรียนที่เรียนด้วยการทำโครงการวิทยาศาสตร์กับการเรียนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่เรียนด้วยการทำโครงการมีความสามารถในการแก้ไขปัญหและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามคู่มือครู

ชฎาวรรณ กองพล (2546) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดชลบุรี ที่เคยทำโครงการวิทยาศาสตร์กับไม่เคยทำโครงการวิทยาศาสตร์ พบว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในด้านความคิดคล่อง ด้านความยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และในภาพรวม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ประครอง แสนไชย (2545) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 18 คน โดยการวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ แบ่งวงจรการปฏิบัติการออกเป็น 4 วงจรการปฏิบัติ ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ผู้วิจัยได้บันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน สังเกตและสัมภาษณ์นักเรียนเมื่อสิ้นสุดในแต่ละวงจร ได้ทำการทดสอบทำวงจร เพื่อประเมินความก้าวหน้าของนักเรียน พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยร้อยละ 78.19 และนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์ความรู้ที่กำหนดเฉลี่ย 83.33 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70

กฤษณา พรหมวงษ์ (2545) ศึกษาการใช้แบบฝึกเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และคุณภาพโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 30 คน รายวิชา 017 โครงการวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิต ผลพบว่าการทำโครงการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และโครงการที่นักเรียนทำขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดี

พิรุลาวัณย์ สุภอุทุมพร (2545) ศึกษาการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนวิชาโครงการวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 17 กลุ่ม พบว่า นักเรียนทุกกลุ่มเลือกทำโครงการวิทยาศาสตร์ประเภทการทดลอง โดยปฏิบัติตามขั้นตอนของวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการทำโครงการครบทุกขั้นตอน นักเรียนทุกกลุ่มสามารถออกแบบการ

ทดลองได้ ส่วนใหญ่ทำการทดลองตามขั้นตอนที่วางแผนไว้ แต่มีนักเรียนบางกลุ่มยังใช้เครื่องมือทดลองไม่ถูกต้อง กลุ่มนักเรียนส่วนใหญ่สามารถจัดกระทำข้อมูลโดยการจัดเรียงลำดับ การจัดแยกประเภทแล้วนำเสนอข้อมูลในแบบตาราง แต่ยังพบว่า นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถสื่อความหมายข้อมูลได้ชัดเจน เช่น การไม่เขียนชื่อตารางนำเสนอข้อมูล

ไพฑูริย์ ชัยประโคน (2542) พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ จำนวน 28 คน โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ ด้วยแผนการสอนจำนวน 15 แผน และเครื่องมือสะท้อนผลการปฏิบัติได้แก่ แบบสังเกตพฤติกรรมการสอนของครู แบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียน แบบสัมภาษณ์ แบบบันทึกประจำวันของครู ใบงาน และแบบทดสอบย่อย จากการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยรูปแบบกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนร้อยละ 74.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 และมีนักเรียนที่ผ่านเกณฑ์รอบรู้ที่กำหนดเฉลี่ยร้อยละ 75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 และผลสัมฤทธิ์ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์เฉลี่ยร้อยละ 73.23 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70

อรวรรณ โพธิอาสน์ (2541) ศึกษาผลของกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 30 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง โดยการดำเนินการวิจัยให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนกิจกรรมโครงการฯ เสร็จแล้วให้นักเรียนทำแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอีกครั้ง และให้นักเรียนทำแบบสอบถามความคิดเห็นเกี่ยวกับการเรียนกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนจากแบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนกิจกรรมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปิยฉัตร คงเพชรสวัสดิ์ (2540) ได้ศึกษาการดำเนินการจัดโครงการวิทยาศาสตร์ในโรงเรียนประถมศึกษา ที่ได้รับรางวัลโครงการวิทยาศาสตร์จากสมาคมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไทย ผลการวิจัยพบว่า 1) ด้านการเตรียมการ ผู้บริหารโรงเรียนกำหนดเป้าหมาย มีการวางแผนการจัดประชุม จัดเตรียมสถานที่ อุปกรณ์โดยอาจารย์ที่ปรึกษาและนักเรียน ประชาสัมพันธ์โดยการประชุมผู้ปกครอง ปัญหาที่พบคือโรงเรียนขาดการสนับสนุนงบประมาณจากหน่วยงานต้นสังกัด 2) ด้านการดำเนินการ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการกระตุ้นให้นักเรียนคิดหัวข้อโครงการด้วยตนเอง โดยการตั้งปัญหาให้นักเรียนตอบ นักเรียนวางแผนดำเนินงานตามแผน ปัญหาที่พบคือนักเรียนขาดความรู้ในการใช้วัสดุ อุปกรณ์ 3) ด้านการประเมินผล โรงเรียนทั้งหมดมีการประเมินผล

การเตรียมการจัด โครงงาน และการ ประเมินผลการดำเนินการจัด โครงงาน โดยวิธีสอบถามนักเรียน  
สังเกต และตรวจผลงานนักเรียน

ชูจิต บุตรดี (2535) ศึกษาการประชุมปฏิบัติการ การเสนอโครงการวิทยาศาสตร์  
สำหรับครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา โดยครูจาก 33 คน จาก 25 โรงเรียน เป็นกลุ่มตัวอย่างครั้งนี้  
ร่วมกันทำปฏิบัติการ 2 วัน ณ โรงเรียนแก่นนครวิทยาลัย จังหวัดขอนแก่น ซึ่งจากการศึกษาพบว่า  
การทำงานกลุ่มจะทำให้ครูวิทยาศาสตร์ทุกคนมีพัฒนาการด้านการนำเสนอและมั่นใจ มีความรู้ใน  
เนื้อหาสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้มีเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์

ปรีชา กันตรง (2533) ศึกษาผลของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีการฝึกคิดหัว  
เรื่องโครงการวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
วิชาวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความคิด  
สร้างสรรค์กว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ระดับ .05 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่  
ระดับ .01

Wenzol (2007) จัดการเรียนการสอน โดยใช้โครงการเป็นฐานเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียน วิชาเคมีวิเคราะห์ ซึ่งช่วยพัฒนาทักษะของผู้เรียนทั้งการสื่อสาร การทำงานเป็นกลุ่ม  
การเป็นผู้นำ และการอภิปรายเพื่อแก้ปัญหาได้ดี

Miri Barak and Yehudit Judy Dori (2005) ศึกษาการเพิ่มความเข้าใจของ  
นักศึกษาสาขาเคมีผ่านการเรียนด้วยโครงการเป็นฐาน และมีการใช้สื่อ IT ประกอบ พบว่านักศึกษา  
จะมีทักษะในการแก้ปัญหาและการอธิบายดีกว่าการสอนปกติ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมี  
ความก้าวหน้าทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนตามปกติ

Robin Wright and James Boggs (2002) ศึกษาวิธีการเรียนและการเชื่อมโยง  
ความรู้ของนักเรียน เรื่องเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยใช้การทำโครงการวิจัยเป็นทีม ทำให้นักเรียนได้  
เรียนรู้การค้นคว้า นำเสนอข้อมูล ซึ่งจากการวิจัยครั้งนี้พบว่าการเรียนรู้ผ่านการทำโครงการวิจัยเป็น  
ทีมมีประโยชน์พิเศษเฉพาะตัวทั้งต่อตัวนักเรียนและครูผู้สอน มากกว่าการเรียนแบบบรรยาย

จากงานวิจัยดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าการฝึกทักษะด้วยการลงมือปฏิบัติควบคู่กับ  
การคิดแบบเป็นระบบ หรือการค้นหาคำตอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ล้วนช่วย  
พัฒนาการคิดของนักเรียนให้เกิดขึ้น ได้ชัดเจน ทำให้ผู้วิจัยสนใจศึกษาค้นคว้าว่าโครงการ  
วิทยาศาสตร์สามารถใช้พัฒนาทักษะการคิดระดับสูงสำหรับนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้  
เกิดทักษะที่ยั่งยืน คงทนจึงต้องใช้กระบวนการฝึกตลอดหนึ่งปีการศึกษา

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน คือ ทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดวิจารณ์และการคิดสร้างสรรค์ เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน หลังเรียน และความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนแบบโครงการวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 โดยมีวิธีดำเนินการวิจัยตามลำดับหัวข้อต่อไปนี้

3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

3.2 ตัวแปรในการวิจัย

3.3 รูปแบบแผนการวิจัย

3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบโครงการวิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง

3.4.2 แบบทดสอบวัดทักษะการคิดขั้นสูง

3.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.4.4 แบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อแผนการจัดการเรียนการสอนแบบ

โครงการวิทยาศาสตร์

3.5 ขั้นตอนการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือในการวิจัย

3.6 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

### 3.1 ประชากร และกลุ่มตัวอย่าง

#### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาอยู่ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 จำนวน 185 คน

#### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 จำนวน 24 คน เลือกโดยวิธีเจาะจงนักเรียนที่เรียนในหลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์เพื่อเตรียมความพร้อมสู่การเป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค

### 3.2 ตัวแปรในการวิจัย

#### 3.2.1 ตัวแปรต้น (Independent Variables) ได้แก่

การจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง

#### 3.2.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

1. ทักษะการคิดขั้นสูง
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. ความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานวิทยาศาสตร์

### 3.3 รูปแบบแผนการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นแบบ One Group Pre – test Post – test Design

กลุ่ม	Pre – test	Treatment	Post – test
กลุ่มที่ต้องการพัฒนา	$T_1$	$X_1$	$T_2$

$T_1$  หมายถึง การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre – test)

$X_1$  หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานวิทยาศาสตร์เป็นฐานที่เน้นกระบวนการที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น

$T_2$  หมายถึง ทดสอบหลังการทดลอง (Post – test)

### 3.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่จัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง ในรายวิชาเคมี (ว 30231) เรื่อง ไฟฟ้าเคมี (ภาคผนวก ก) ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 3 แผน ใช้เวลารวมทั้งสิ้น 9 ชั่วโมง (คาบเดี่ยว 3 คาบต่อสัปดาห์) ซึ่งกล่าวโดยสรุปได้ดังนี้

3.4.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง เซลล์กัลวานิก โดยมีการกระตุ้นความสนใจของนักเรียนด้วยควิสิโอ เรื่อง How to charge an i-pod with fruits และ เรื่อง potato battery แล้วช่วยกันตั้งคำถามที่นักเรียนสงสัยและสนใจ ลงในใบกิจกรรมที่ 1 ทำไม อย่างไร? จากนั้นแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 3 คน แล้วทำการทดลอง 1 : การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก (ภาคผนวก ข) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น แล้วนักเรียนในแต่ละกลุ่มนำความรู้ที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาช่วยกันระดมความคิดทำตอบคำถามหลังการทดลอง และใบกิจกรรมที่ 2 คู่เหมือนที่แตกต่าง จากนั้นครูตั้งคำถามต่อไปเพื่อให้นักเรียนศึกษาเนื้อหาจากใบความรู้ เรื่อง ประเภทเซลล์กัลวานิก ได้แก่

- ทราบหรือไม่ว่าองค์ประกอบในถ่านไฟฉายมีอะไรบ้าง แล้วองค์ประกอบทำหน้าที่อะไร มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างไรบ้าง
- ถ่านไฟฉายกับแบตเตอรี่มือถือทำงานแตกต่างกันอย่างไร
- เหตุใดแบตเตอรี่มือถือถ่านไฟฉายบางชนิดจึงสามารถชาร์จได้แตกต่างกัน

ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเขียนแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของเซลล์ในรูปแบบภาพเซลล์กัลวานิก แล้วให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับจากการทดลอง และ ใบความรู้เรื่อง มาตอบคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ในใบกิจกรรมที่ 1 ทำไม อย่างไร? ในขั้นสร้างความสนใจ ครูตั้งคำถามให้นักเรียนกลับไปช่วยกันระดมความคิด โดยมีประเด็นคำถามดังนี้

- ถ้าเรานำวัสดุอื่นๆ มาแทนองค์ประกอบบางส่วนของถ่านไฟฉาย เซลล์จะยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้หรือไม่ และกระแสไฟฟ้าที่ได้เหมือนหรือแตกต่างจากเซลล์ถ่านไฟฉายเดิม

จากนั้นให้นักเรียนกลับมาเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ โดยการออกแบบการทดลองตามรูปแบบกระบวนการ โครงงานวิทยาศาสตร์ ในกิจกรรมของใบงานที่ 1 เรื่อง การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉายด้วยวัสดุอื่น ครูและเพื่อนร่วมให้แนวคิดเพื่อปรับปรุงหรือเป็นแนวทางสำหรับกลุ่มที่วางแผนการทดลองยังไม่ชัดเจนและครอบคลุม ทุกกลุ่มลงมือทดลองตามแผน โครงงานที่วางไว้ พร้อมนำเสนอ โดยมีครูและเพื่อนๆ ร่วมอภิปรายชิ้นผลงาน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มย้อนกลับไปอ่านบันทึกประสบการณ์เดิมในใบกิจกรรมที่ 1 ทำไม

อย่างไร? ในขอบเขตเป้าหมาย และประเด็นที่นักเรียนต้องการรู้ แล้วตรวจสอบว่าได้เรียนรู้ตามที่ตั้งเป้าหมายครบถ้วนหรือไม่เพียงใด

3.4.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ครูนำชุดสาริตการ ทำทองแดงให้บริสุทธิ์ด้วยการแยกด้วยกระแสไฟฟ้าซึ่งเป็นโปรแกรมสำเร็จรูป แล้วให้นักเรียน ช่วยกันตั้งคำถามที่นักเรียนสงสัยและสนใจ ลงในใบกิจกรรมที่ 1 เกิดอะไรขึ้นกับฝาแฝดของ ทองแดง จากนั้นแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 3 คน แล้วทำการทดลอง 1 : การสร้างศิลปะเส้นสีด้วย กระแสไฟฟ้า ทุกกลุ่มออกแบบการทดลองตามรูปแบบกระบวนการโครงงานวิทยาศาสตร์ และลง มือทดลองตามแผนโครงงานที่วางไว้ พร้อมนำเสนอ โดยมีครูและเพื่อนๆ ร่วมอภิปรายชิ้นผลงาน แล้วนักเรียนในแต่ละกลุ่มนำความรู้ที่ได้จากการทดลองที่ 1 มาช่วยกันระดมความคิดทำตอบคำถาม หลังการทดลอง ใบกิจกรรมที่ 2 ความแตกต่างระหว่างเรา และใบกิจกรรมที่ 3 เส้นทางเดินของ อิเล็กตรอน แล้วครูและนักเรียนช่วยกันลงความคิดเห็น จากนั้นครูให้นักเรียนดูวิดีโอการชุบทอง และการผลิตน้ำทะเล แล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมแสดงความคิดเห็นต่ออุตสาหกรรมดังกล่าวมี ประโยชน์และข้อดีข้อเสียอย่างไรบ้าง โดยทำลงในใบกิจกรรมที่ 4 คุณคิดเห็น

3.4.1.3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การผุกร่อนของโลหะและการป้องกัน สำหรับแผนจัดการเรียนรู้นี้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดจากการให้นักเรียนดูภาพศิลปะจากการผุกร่อน ร่วมกันให้คะแนนความสวยงามและอธิบายว่ารูปเหล่านั้นคืออะไร โดยทำลงในใบกิจกรรม ที่ 1 ภาพศิลปะจากการผุกร่อน เพราะเหตุใดจึงทำให้เกิดผลแบบนี้เกิดขึ้นกับโลหะได้ เราจะป้องกัน ได้อย่างไร การนั้นให้นักเรียนทำการทดลองที่ 1 เรื่องวิธีการป้องกันการผุกร่อน แล้วร่วมกันสรุปผล จากทดลอง และนำผลการทดลองที่ได้ไปทำใบกิจกรรมที่ 2 การป้องกันการผุกร่อน สุดท้ายให้แต่ละ กลุ่มสุ่มหยิบภาพจากภาพศิลปะการผุกร่อนในชั้นสร้างความสนใจมาช่วยกันเขียนอธิบายการ เปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น มีผลดีหรือผลเสียต่อโลหะหรือไม่อย่างไร และคิดวิธีการป้องกันการ เปลี่ยนแปลงดังกล่าวโดยการออกแบบการทดลองตามรูปแบบกระบวนการโครงงานวิทยาศาสตร์ ลงในใบกิจกรรมที่ 3 ช่วยด้วย ช่วยที แต่ละกลุ่มนำแนวคิดของกลุ่มผลัดกันออกมานำเสนอหน้าชั้น เรียน โดยมีครูและเพื่อนร่วมกันอภิปราย

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมและสื่อที่ใช้ในกระบวนการจัดการเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบ  
โครงการวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะการคิดขั้นสูง

แผน ที่	เนื้อหา	จำนวน ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้ / สื่อ	เน้นทักษะการคิด
1	เซลล์กัลวานิก	3	วิดีโอ เรื่อง How to charge an i-pod with fruits วิดีโอเรื่อง potato battery กิจกรรมที่ 1 ทำไม อย่างไร? การทดลองที่ 1 การถ่ายโอนอิเล็ก- ตรอนในเซลล์กัลวานิก กิจกรรมที่ 2 คู่เหมือนที่แตกต่าง ใบความรู้เรื่อง ประเภทเซลล์กัลวานิก ใบงานที่ 1 เรื่อง การแทนที่องค์ประ- กอบของถ่านไฟฉายด้วยวัสดุอื่น*โดย จัดเป็นกิจกรรม โครงการวิทยาศาสตร์	การคิดสังเคราะห์     การคิดวิเคราะห์  การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิจารณ์
2	เซลล์อิเล็ก โทรไลต์	3	กิจกรรมที่ 1 เกิดอะไรขึ้นกับฝาแฝด ของทองแดง การทดลอง 1 การสร้างสีปะเส้นสีด้วย กระแสไฟฟ้า*โดยจัดเป็นกิจกรรม โครงการวิทยาศาสตร์ กิจกรรมที่ 2 ความแตกต่างระหว่างเรา กิจกรรมที่ 3 เส้นทางเดินของอิเล็กตรอน กิจกรรมที่ 4 คุณคิดเห็น	การคิดสังเคราะห์  การคิดสร้างสรรค์   การคิดวิเคราะห์  การคิดวิจารณ์
3	การป้องกัน การผุกร่อน ของโลหะ	3	กิจกรรมที่ 1 ภาพศิลปะจากการผุกร่อน การทดลองที่ 1 เรื่องวิธีการป้องกันการ ผุกร่อน *โดยจัดเป็นกิจกรรม โครงการ วิทยาศาสตร์ กิจกรรมที่ 2 การป้องกันการผุกร่อน กิจกรรมที่ 3 ช่วยด้วย ช่วยที	การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์  การคิดวิจารณ์ การคิดสังเคราะห์

ตารางที่ 3.2 ขั้นตอนการใช้สื่อการเรียนสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้แบบ โครงงานวิทยาศาสตร์ที่  
เน้นทักษะการคิดขั้นสูง

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	กิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้
1. ขั้นสร้างความสนใจ	นักเรียนตั้งคำถามของการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	นักเรียนเก็บรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลตามที่ครู ชี้แนะได้อย่างถูกต้อง
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	นักเรียนได้สรุปหลักฐานและสร้างคำอธิบายตามคำชี้แนะ ของครูด้วยตนเอง
4. ขั้นขยายความรู้	นักเรียนทำการดำเนินการในรูปแบบโครงงาน วิทยาศาสตร์
5. ขั้นประเมิน	นักเรียนได้ให้เหตุผลประกอบคำอธิบายและตอบคำถาม ได้ด้วยตนเอง

3.4.2 แบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินทักษะการ  
คิดทั้ง 4 ด้านในรูปแบบใบงานและใบกิจกรรมแทรกในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ การให้คะแนนตาม  
เกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงในภาคผนวก ข โดยแบบวัดทักษะผ่านการหาความเที่ยง (Validity) ของแบบ  
ประเมินทักษะการคิดจากสูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ

3.4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน วิชาเคมี เรื่อง  
ไฟฟ้าเคมี เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยแบบทดสอบได้ผ่านการหาความ  
เที่ยง (Validity) ของแบบทดสอบจากสูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาเคมี 3  
ท่าน ทำการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและอำนาจการจำแนกจากนักเรียนกลุ่มทดลอง และวิเคราะห์  
หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR-20 ของ Kuder-Richardson ได้เท่ากับ  
0.9373 ดังแสดงในภาคผนวก ข

3.4.4 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ โดยมี  
ประเด็นประเมินทั้งหมด 4 ด้าน แล้วให้นักเรียนความคิดเห็น ดังแสดงในภาคผนวก จ โดยมีระดับ  
ความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) 5  
ระดับ ดังนี้

ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง  
 ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อย  
 ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับน้อยที่สุด

### 3.5 ขั้นตอนการสร้าง และพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

#### 3.5.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.5.1.1 ศึกษาเอกสาร เนื้อหาสาระ มาตรฐานการศึกษา ตัวชี้วัด และวัตถุประสงค์ การเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

3.5.1.2 ศึกษาแนวทางการประเมินตามสภาพจริง การวัดและประเมินผลการศึกษาและหลักการสร้างข้อสอบ

3.5.1.3 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ให้สอดคล้องกับตารางวัตถุประสงค์การเรียนรู้ และเกณฑ์การพิจารณาระดับความรู้

3.5.1.4 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหาโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ว่าข้อสอบแต่ละข้อสอดคล้องกับเกณฑ์การพิจารณาระดับความรู้และการคิดวิเคราะห์ที่ที่ต้องการวัดหรือไม่ ความเหมาะสมของเวลา ความเหมาะสมของคำถามและตัวเลือก บันทึกผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมดเป็นรายชื่อ

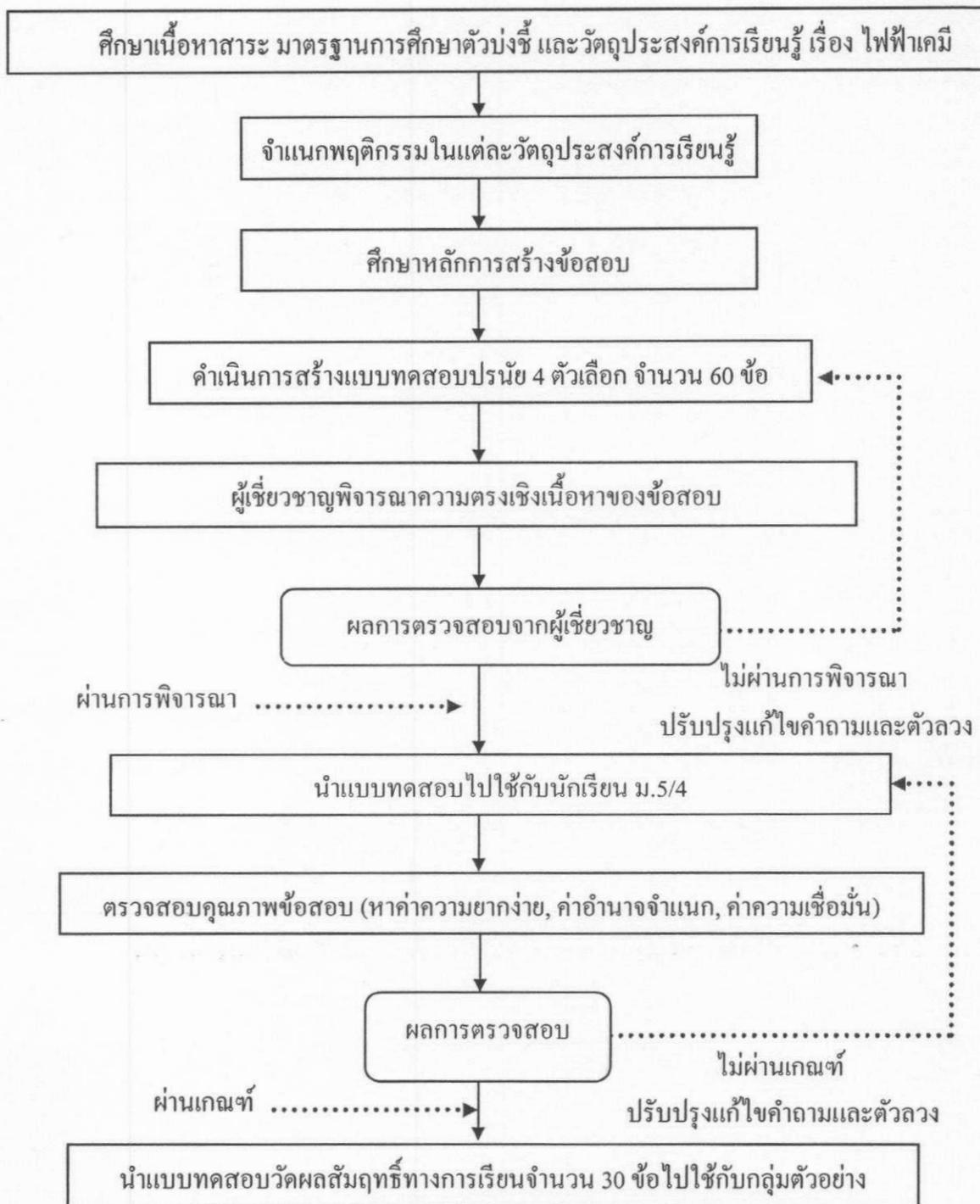
3.5.1.5 นำแบบทดสอบที่ได้ไปทดลองใช้กับนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 โรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 ที่ผ่านการเรียนเรื่อง ไฟฟ้าเคมี

3.5.1.6 นำคะแนนที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย ( $p$ ) และค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ทำการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ถึง +1 ค่าความยากง่าย .20 ถึง .80 ข้อสอบข้อใดไม่อยู่ในเกณฑ์นำไปแก้ไขปรับปรุงใหม่แล้วนำเสนอผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและพิจารณา คัดให้เหลือเฉพาะข้อที่เข้าเกณฑ์ โดยช่วงมีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.33 – 0.8 และมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.37 – 0.69

3.5.1.7 ได้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที นำมาหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร KR – 20 ของ Kuder-Richardson โดยมีค่าความเที่ยง (Reliability) = 0.9373

3.5.1.8 นำไปเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบ แล้วปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 แบบทดสอบที่ได้เป็นแบบทดสอบที่นำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม

สรุปขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.5.2 แบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ประกอบด้วยใบงาน ใบกิจกรรม ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.5.2.1 ศึกษาหลักสูตร หนังสือแบบเรียน วัตถุประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2551 ศึกษาหลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตร โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อรวบรวมเนื้อหา ที่นักเรียนต้องศึกษาในเรื่อง ไฟฟ้าเคมี

3.5.3.2 ศึกษาเอกสารและรายงานผลการวิจัยการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดขั้นสูง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

3.5.3.3 สร้างแบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน ซึ่งเป็นแบบให้คะแนนเป็นระดับตามความพึงพอใจ

3.5.3.4 นำแบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูงที่สร้างขึ้น ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.5.3.5 นำแบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูงที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ที่เรียนเรื่อง ไฟฟ้าเคมีแล้ว คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 โรงเรียนจุฬาลงกรณ์ราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร

3.5.3.6 นำไปเสนอผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน พิจารณาตรวจสอบ แล้วปรับปรุงแก้ไขครั้งที่ 2 แบบประเมินที่ได้เป็นแบบประเมินที่นำไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุม

สรุปขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูง วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี



ภาพที่ 3.2 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูง

3.5.3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงการวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบให้คะแนนเป็นระดับตามความพึงพอใจ ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นเอง มีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

3.5.3.1 ศึกษาหลักสูตร หนังสือแบบเรียน วัตถุประสงค์การเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ตามหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2551 ศึกษาหลักสูตรห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตร โรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ และเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อรวบรวมเนื้อหาที่นักเรียนต้องศึกษาในเรื่อง ไฟฟ้าเคมี

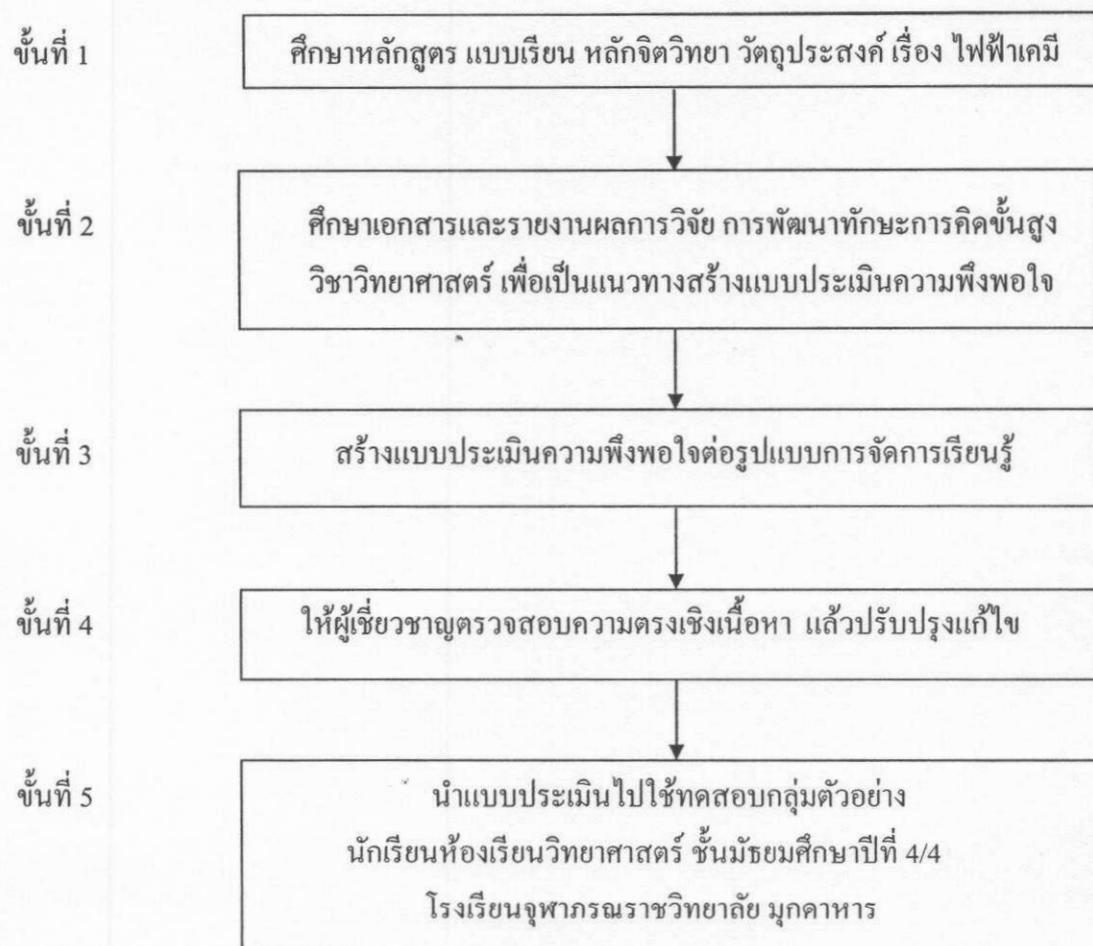
3.5.3.2 ศึกษาเอกสารหลักการ ทฤษฎีทางจิตวิทยาเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

3.5.3.3 สร้างแบบประเมินความพึงพอใจ ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ

3.5.3.4 นำแบบประเมินความพึงพอใจที่สร้างขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

3.5.3.5 นำแบบประเมินความพึงพอใจไปใช้จริงกับกลุ่มตัวอย่าง

สรุปขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจต่อการเรียนจัดการเรียนรู้ แบบ  
โครงการวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินความพึงพอใจ

### 3.6 วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยมีขั้นตอนดังนี้

(1) ผู้วิจัยวิเคราะห์ปัญหาการจัดการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จากการที่ได้สอบถามครูผู้สอนและสัมภาษณ์นักเรียนที่เคยเรียนเรื่องนี้มาแล้ว รวมทั้งศึกษาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

(2) เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงคือ นักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำการวัดความรู้จากแบบสำรวจความรู้เดิม ทดสอบก่อนเรียนเพื่อตรวจสอบผลก่อนเริ่มการทดลองว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่

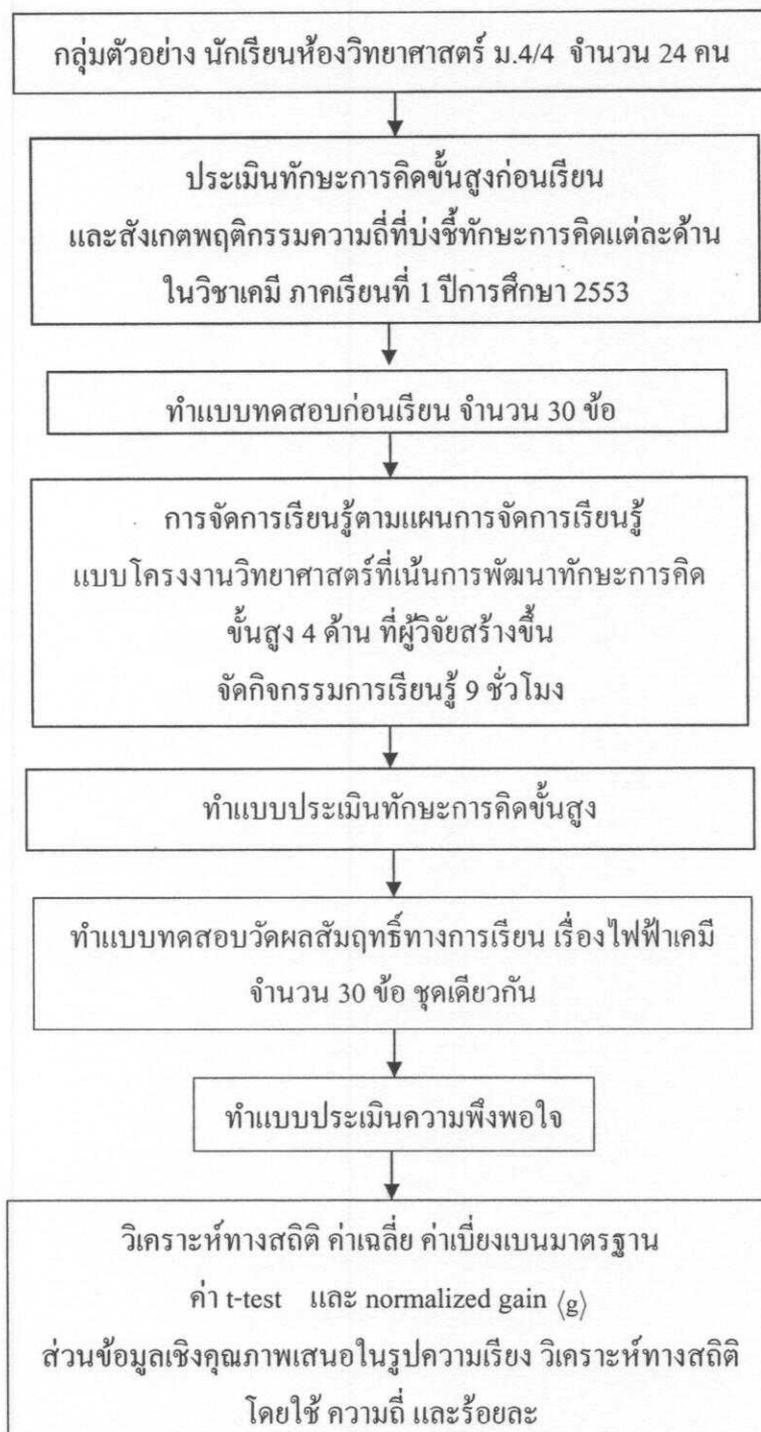
(3) ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลทักษะการคิดขั้นสูงก่อนเรียนด้วยตนเองและเจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ 2 ท่าน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 ในรายวิชาเคมี ตามขั้นตอนดังนี้

(4) นักเรียนกลุ่มตัวอย่างได้รับการจัดการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง และสังเกตพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการมีทักษะการคิดขั้นสูงตามแบบสังเกตพฤติกรรม

(5) เมื่อสอนจบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ครูได้วางไว้ ทำการทดสอบนักเรียนด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 30 ข้อ ชุดเดียวกัน

(6) วิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณด้วยวิธีการทางสถิติ ส่วนข้อมูลเชิงคุณภาพเสนอในรูปความเรียง

สามารถสรุปขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 3.4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

### 3.7 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

3.7.1 แบบประเมินทักษะการคิดวิเคราะห์ วิเคราะห์ข้อมูล แสดงผลในรูปของความเรียง และใช้สถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ

3.7.2 แบบสังเกตความถี่ของพฤติกรรมทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตรดังนี้

3.7.2.1 การหาค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด, 2535 : 102) โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ $\bar{X}$	แทน	ค่าเฉลี่ย
$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
n	แทน	จำนวนนักเรียน

3.7.2.2 หาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บุญชม ศรีสะอาด, 2535 : 103) โดยใช้สูตร

ดังนี้

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

เมื่อ S	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
X	แทน	คะแนนแต่ละตัว
n	แทน	จำนวนนักเรียน
$\sum$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

3.7.2.3 ค่าร้อยละ หาได้จากสูตร

$$P = \frac{\text{คะแนนที่ได้} \times 100}{\text{คะแนนเต็ม}}$$

3.7.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังจากนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ คือค่าเฉลี่ย ค่าร้อยละ และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้สูตรเช่น เดียวแบบทดสอบมโนมติที่คลาดเคลื่อน ทดสอบความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการจัดการ เรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มเดียวกัน โดยใช้สถิติทดสอบสมมติฐานแบบ Dependent samples test ส่วนความแตกต่างของคะแนนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้สถิติ ทดสอบสมมติฐานแบบ Independent samples test โดยใช้สูตรดังนี้

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

เมื่อ	t	แทน	ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
	D	แทน	ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
	$\sum D$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนนยกกำลังสอง
	$(\sum D)^2$	แทน	ยกกำลังสอง ของ ผลรวมทั้งหมดของ ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.7.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนและความก้าวหน้าทางทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้วิธี Average normalized gain, <g> ซึ่งหาได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) หารด้วยผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มสูงสุด (Maximum possible gain) กำหนดระดับ ของความก้าวหน้าทางการเรียนโดยวิธี Average normalized gain เป็น 3 ระดับคือ low gain (<g> ≤ 0.3), medium gain (0.3 < <g> < 0.7) และ high gain (<g> ≥ 0.7) (Hake, 1998)

โดยใช้สูตรดังนี้

$$\langle g \rangle = \frac{\%post - \%pre}{100 - \%pre}$$

เมื่อ	<g>	แทน	ค่า normalized gain
	% post	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์
	% pre	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์

### 3.7.4 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ โดยใช้สูตรดังนี้

3.7.4.1 การหาความเที่ยง (Validity) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ดังนี้ (สมนึก กัททิษณี, 2537 : 167)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อทดสอบกับจุดประสงค์  
 $\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ  
 N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.7.4.2 การหาความยากง่าย (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรของ Brennan ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2535 : 81)

$$P = \frac{P_u + P_l}{2}$$

เมื่อ P แทน ระดับความยาก  
 $P_u$  แทน สัดส่วนคนตอบถูกในกลุ่มสูง (ซึ่งเท่ากับ  $R_u/f$ )  
 $P_l$  แทน สัดส่วนคนตอบถูกในกลุ่มต่ำ (ซึ่งเท่ากับ  $R_l/f$ )

ระดับความยากง่าย (Difficulty) มีค่าตั้งแต่ 0.00 – 1.00 โดยการแปลความหมาย มีรายละเอียดดังนี้

ค่าความยากง่าย	การแปลความหมาย
0.81-1.00 หรือ 81 - 100%	ง่ายมาก
0.61- 0.80 หรือ 61 - 80%	ค่อนข้างง่าย
0.41- 0.60 หรือ 41 - 60%	ยากง่ายปานกลาง
0.20 - 0.40 หรือ 20 - 40%	ค่อนข้างยาก
0.00 - 0.19 หรือ 0 - 19%	ยากมาก

โดยงานวิจัยนี้มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.33 – 0.8 ดังแสดงในภาคผนวก ข

3.7.4.3 การหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตรของ Brennan ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2535 : 81)

$$r = \frac{R_u - R_l}{f}$$

เมื่อ	$r$	แทน	อำนาจจำแนก
	$R_u$	แทน	จำนวนคนกลุ่มสูงที่ตอบถูก
	$R_l$	แทน	จำนวนคนกลุ่มต่ำที่ตอบถูก
	$f$	แทน	จำนวนคนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำที่เท่ากัน

ค่าอำนาจจำแนก มีค่าตั้งแต่ 0.00 – 1.00 โดยการแปลความหมายมีรายละเอียดดังนี้

ค่าอำนาจจำแนก	การแปลความหมาย
0.00 – 0.19	จำแนกกลุ่มสูง กลุ่มต่ำได้น้อยไม่ควรนำมาใช้วัด
0.20 – 0.49	จำแนกใช้ได้อำนาจจำแนกเข้าเกณฑ์
0.50 – 0.99	จำแนกได้ค่อนข้างสูงเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี
1.00	จำแนกกลุ่มสูง กลุ่มต่ำได้อย่างสมบูรณ์มีคุณภาพดี

โดยงานวิจัยครั้งนี้มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.37 – 0.69 ดังแสดงในภาคผนวก ข

3.7.4.4 หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR – 20 ของ Kuder – Richardson ดังนี้

$$r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left\{ 1 - \frac{\sum pq}{s_t^2} \right\}$$

เมื่อ	$r_{tt}$	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
	$k$	แทน	จำนวนข้อแบบทดสอบ
	$p$	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อหนึ่งๆ ( $R/N$ เมื่อ $R$ แทนจำนวนผู้ตอบถูกในข้อนั้น และ $N$ แทนจำนวนผู้เข้าประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน)
	$q$	แทน	สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อหนึ่งๆ $= 1 - P$
	$s_t^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนน

โดยในงานวิจัยนี้มีค่าความเที่ยง (Reliability) = 0.9373 ดังแสดงในภาคผนวก ข



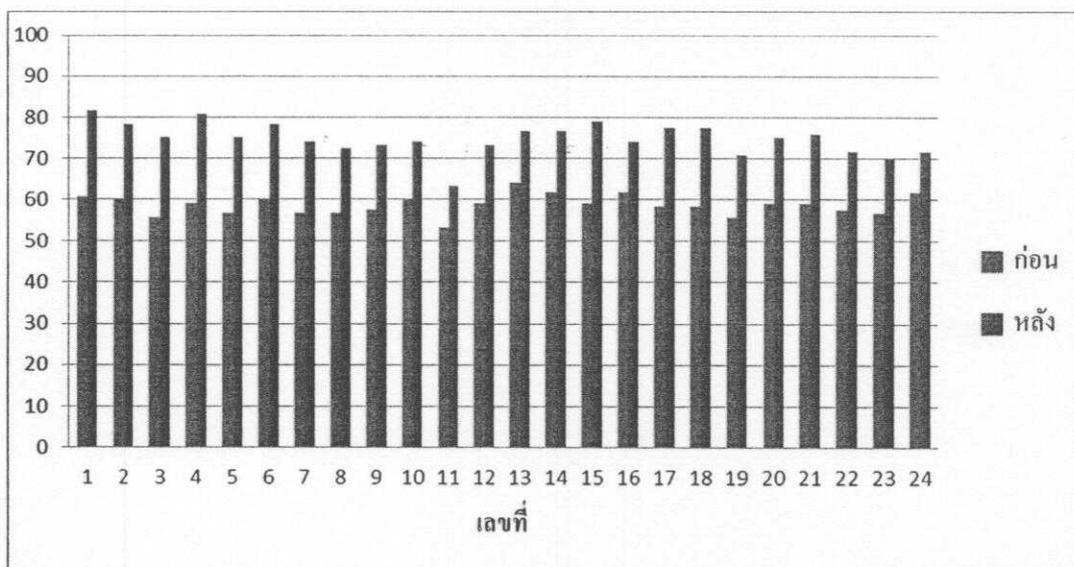
## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน คือ ทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการคิดสังเคราะห์ ทักษะการคิดวิจารณ์ และทักษะการคิดสร้างสรรค์ ในรายวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ด้วยการเรียนแบบโครงการวิทยาศาสตร์ ของโรงเรียนจุฬาราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 22 โดยผู้วิจัยได้นำเสนอข้อมูลเป็น 4 ส่วน ตามลำดับ ดังนี้

#### 4.1 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความก้าวหน้าของทักษะการคิดขั้นสูง

ในงานวิจัยนี้ศึกษาทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน คือ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดวิจารณ์ ของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 24 คน โดยนำข้อมูลคะแนนจากแบบวัดทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน มาเปรียบเทียบ พบว่าหลังเรียนนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ทุกคนมีความก้าวหน้าของทักษะการคิดขั้นสูงทั้ง 4 ด้านสูงกว่าก่อนเรียนดังแสดงในภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ร้อยละของคะแนนการประเมินทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน ก่อนเรียนและหลังเรียน

และจากทักษะการคิดขั้นสูงทั้ง 4 ด้านที่ศึกษาในครั้งนี้ พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีทักษะการคิดสร้างสรรค์สูงกว่าทักษะการคิดด้านอื่น โดยคิดเป็นร้อยละจากคะแนนทักษะการคิด หลังเรียนเท่ากับ 88.33 ส่วนทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์และการคิดวิจารณ์ คิดเป็นร้อยละ 75.97, 71.67 และ 63.47 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และจากข้อมูลดังกล่าวเมื่อนำมาวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางด้านทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้านแยกเป็นรายบุคคล โดยใช้วิธี Average Normalized Gain,  $\langle g \rangle$  พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้าของทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้านอยู่ในระดับกลาง คือมีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าอยู่ในช่วง 0.31 – 0.61 โดยทักษะการคิดสร้างสรรค์ มีความก้าวหน้าสูงสุดคือมีค่าเฉลี่ยความก้าวหน้าเท่ากับ 0.61 รองลงมาคือทักษะการคิดสังเคราะห์ การคิดวิเคราะห์และการคิดวิจารณ์ โดยมีค่าเท่ากับ 0.37, 0.36 และ 0.31 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบโครงการวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะการคิดขั้นสูงในการวิจัยครั้งนี้ส่งเสริมให้นักเรียนมีพัฒนาการของทักษะการคิดสร้างสรรค์สูงขึ้นมากเมื่อเทียบกับทักษะการคิดอื่นๆ

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และความก้าวหน้าของทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน

ทักษะการคิด	การทดสอบ	ค่าเฉลี่ย	ร้อยละ	SD	$\langle g \rangle$
คิดวิเคราะห์	ก่อนเรียน	18.67	62.22	1.05	0.36
	หลังเรียน	22.79	75.97	1.44	
คิดสังเคราะห์	ก่อนเรียน	16.50	55.00	1.53	0.37
	หลังเรียน	21.50	71.67	1.38	
คิดวิจารณ์	ก่อนเรียน	14.21	47.36	0.93	0.31
	หลังเรียน	19.04	63.47	1.52	
คิดสร้างสรรค์	ก่อนเรียน	21.08	70.28	1.61	0.61
	หลังเรียน	26.50	88.33	2.38	

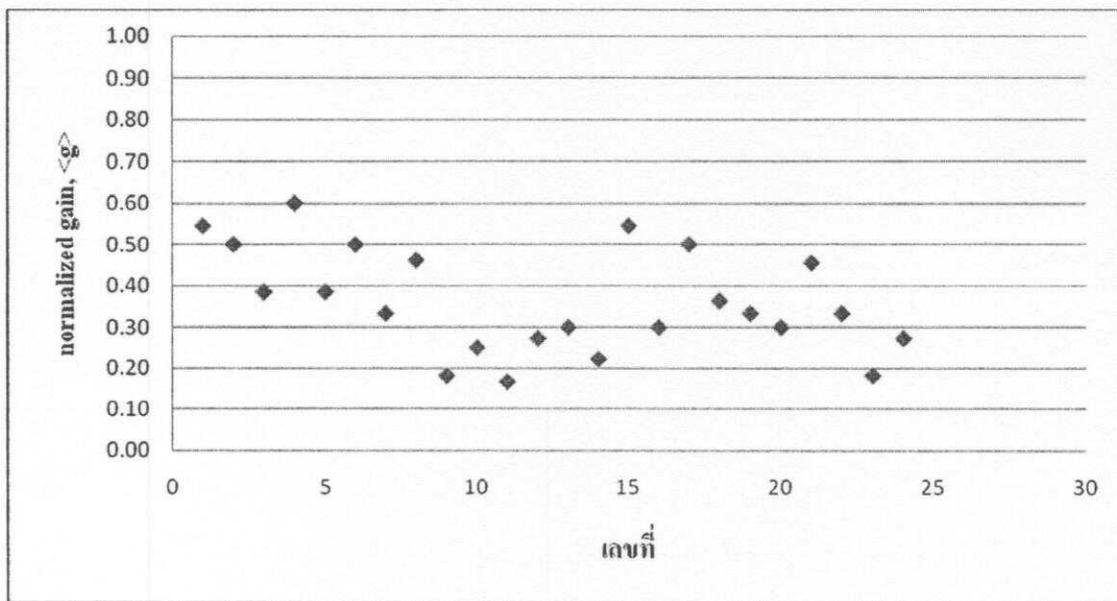
เมื่อทำนำข้อมูลคะแนนทักษะดังกล่าวไปทำการวิเคราะห์ค่าทางสถิติพบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 17.61 คะแนน และ 22.46 คะแนน ตามลำดับจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียนของทักษะการคิดรวมทั้ง 4 ด้านพบว่าค่า  $t$ -test เท่ากับ 24.70 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 ซึ่งแสดงว่าคะแนนประเมิน

หลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐาน

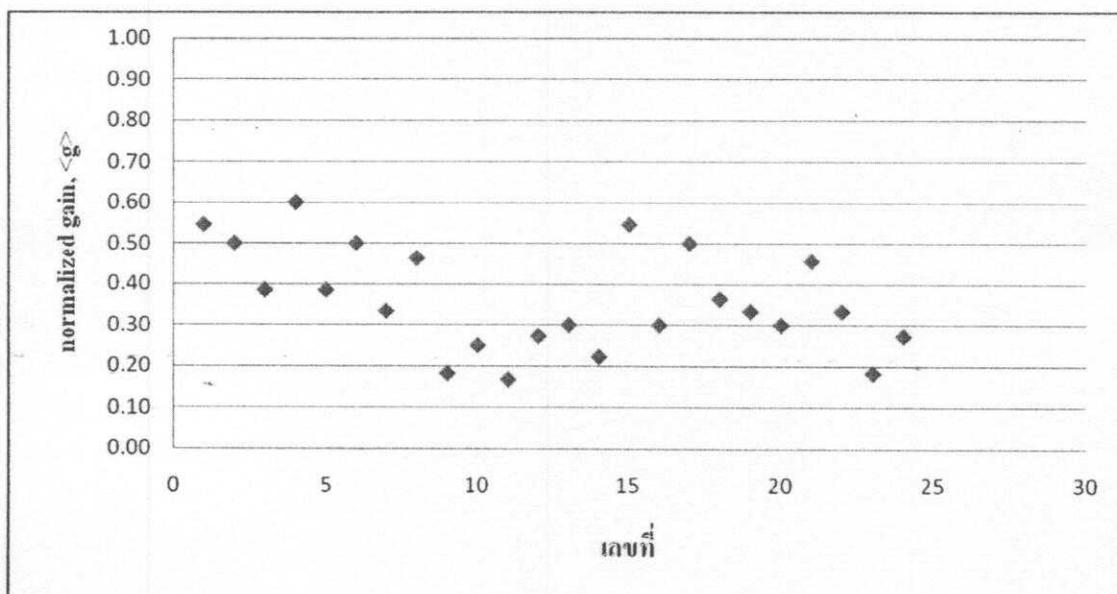
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยร้อยละส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากคะแนนทักษะการคิดก่อนเรียนและหลังเรียน

การทดสอบ	$\bar{X}$	ร้อยละ	S.D.	$\bar{d}$	S.D. <sub>d</sub>	t	Sig.
ก่อนเรียน	17.61	58.72	0.72	4.84	0.96	24.70	* 0.0000
หลังเรียน	22.46	74.86	1.17				

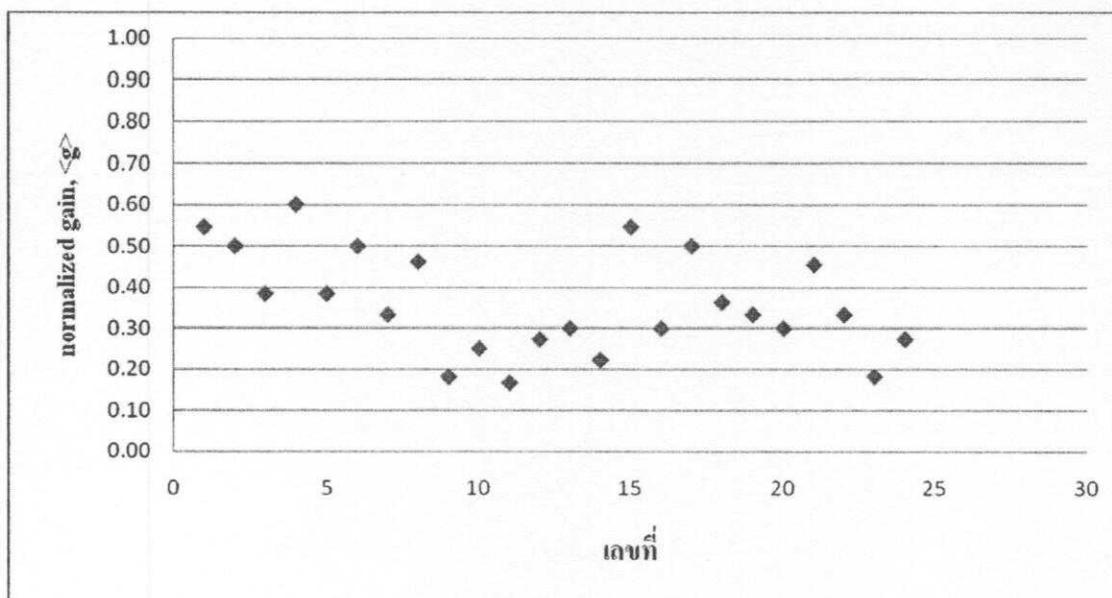
นอกจากนี้เมื่อทำการศึกษาความก้าวหน้าของแต่ละทักษะ เป็นรายบุคคล พบว่านักเรียนที่มีความก้าวหน้าในทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการคิดวิจารณ์ทั้ง 3 ทักษะ มีนักเรียนจำนวน 17 คน คิดเป็นร้อยละ 70.83 ที่จัดอยู่ในกลุ่มที่มีความก้าวหน้าอยู่ระดับกลาง และมีนักเรียนจำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 29.17 เป็นนักเรียนในกลุ่มที่มีความก้าวหน้าอยู่ระดับต่ำ และจากการศึกษาครั้งนี้ไม่พบนักเรียนในกลุ่มที่มีความก้าวหน้าระดับสูง ส่วนทักษะการคิดสร้างสรรค์ พบว่านักเรียนที่อยู่ในระดับสูงมีจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 37.50 ระดับกลาง 14 คน คิดเป็นร้อยละ 58.33 และระดับต่ำ 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.17 ดังแสดงในภาพที่ 4.2, 4.3, 4.4 และ 4.5 ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการคิดวิจารณ์มีความสัมพันธ์กันแต่ทักษะดังกล่าวไม่มีความสัมพันธ์กับทักษะการคิดสร้างสรรค์กล่าวคือนักเรียนที่ทำคะแนนทักษะการคิดสร้างสรรค์ได้ไม่จำเป็นต้องทำคะแนนทักษะการคิดขั้นสูงด้านอื่นตามไปด้วย ข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของยูพาพันธ์ มินวงษ์ [24] ที่ศึกษาความสัมพันธ์และเปรียบเทียบความคิดขั้นสูงทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย ความคิดวิจารณ์ ความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยแบบประเมินความสำเร็จจากการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ที่พบว่าความคิดวิจารณ์กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์กับความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กัน แต่ความคิดวิจารณ์กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไม่มีความสัมพันธ์กัน



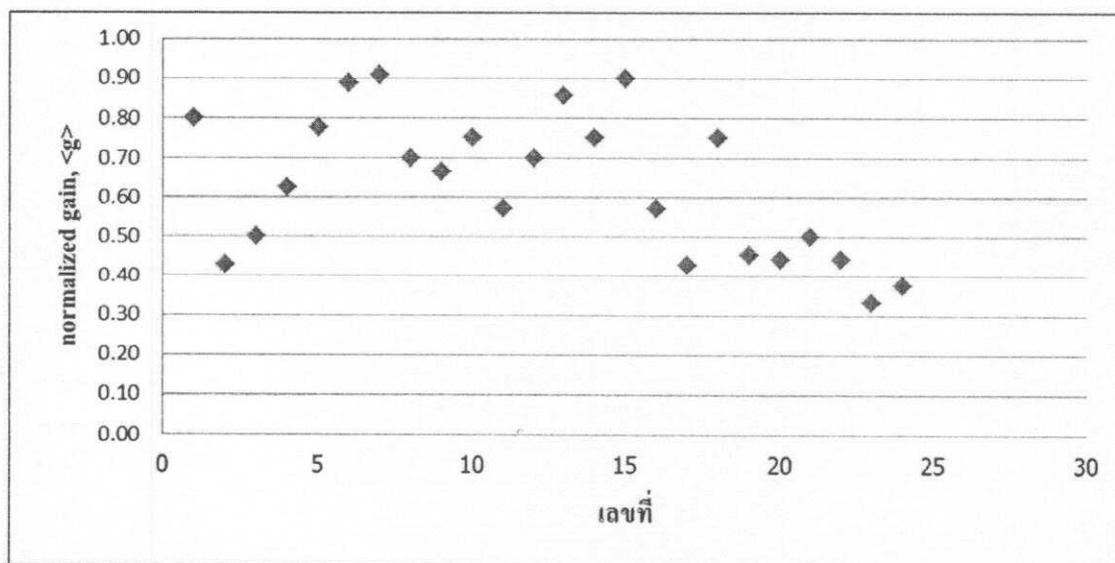
ภาพที่ 4.2 ค่า normalized gain  $\langle g \rangle$  ของคะแนนประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ด้านการคิดวิเคราะห์ แยกเป็นรายบุคคล



ภาพที่ 4.3 ค่า normalized gain  $\langle g \rangle$  ของคะแนนประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ด้านการคิดสังเคราะห์ แยกเป็นรายบุคคล



ภาพที่ 4.4 ค่า normalized gain  $\langle g \rangle$  ของคะแนนประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ด้านการคิด  
วิจารณ์ แยกเป็นรายบุคคล



ภาพที่ 4.5 ค่า normalized gain  $\langle g \rangle$  ของคะแนนประเมินทักษะการคิดขั้นสูง ด้านการคิดสร้างสรรค์  
แยกเป็นรายบุคคล

#### 4.2 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในงานวิจัยนี้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 24 คน โดยนำข้อมูลคะแนนทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน มาทำการเปรียบเทียบ จากตารางที่ 4.3 พบว่านักเรียนที่จัดการเรียนแบบ โครงการวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะการคิดขั้นสูง จะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 9.96 และหลังเรียนเท่ากับ 24.21 จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน แสดงให้เห็นว่านักเรียน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $t = 25.20$ ) แสดงให้เห็นว่าผลการวิจัยเป็นไปตามสมมติฐาน ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนมีความเข้าใจกับเนื้อหาได้มากขึ้น

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย ร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

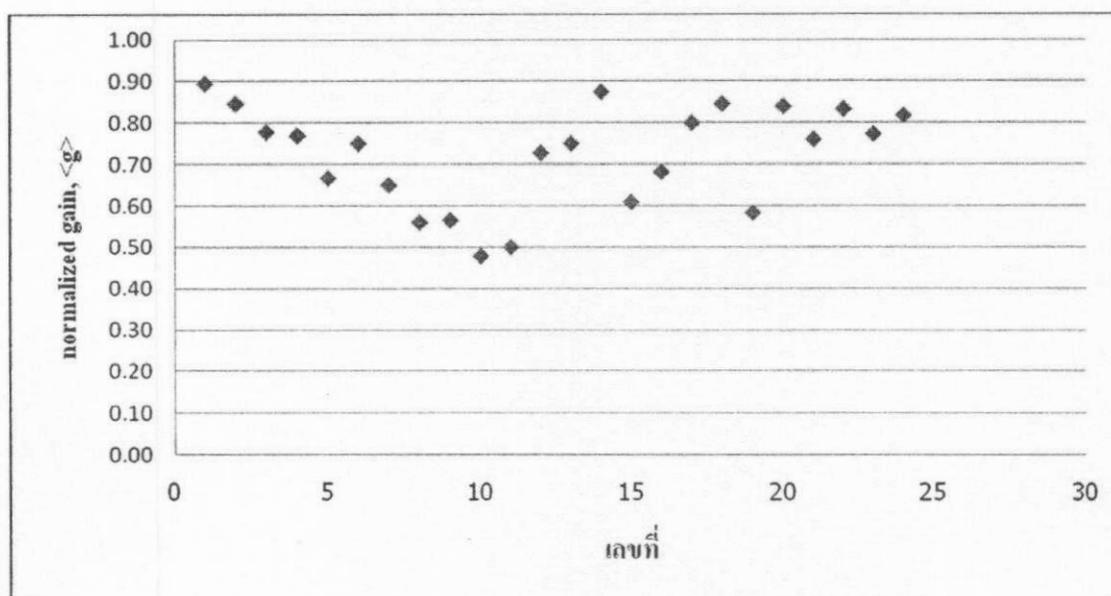
การทดสอบ	$\bar{X}$	ร้อยละ	S.D.	'd	S.D. <sub>d</sub>	t	Sig.
ก่อนเรียน	9.96	49.79	3.84	14.25	2.77	25.20	* 0.0000
หลังเรียน	24.21	73.96	1.89				

และเมื่อทำการเปรียบเทียบความก้าวหน้าทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี ของนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยใช้วิธี Average Normalized Gain, <g> ซึ่งหาได้จากผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual Gain) หารด้วยผลการเรียนรู้ที่มีโอกาสเพิ่มสูงสุด (Maximum Possible Gain) ดังแสดงในตารางที่ 4.4 พบว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง คือ มีค่าความก้าวหน้าเฉลี่ยทางการเรียนเท่ากับ 0.71 แสดงว่ารูปแบบการจัดการเรียนแบบโครงการวิทยาศาสตร์ส่งเสริมให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเรื่องไฟฟ้าเคมีมากขึ้น

ตารางที่ 4.4 ความก้าวหน้าเฉลี่ย (average normalized gain ; <g>) ของกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่ม	Pre-test	Post-test	Actual gain (%post - %pre)	Maximum possible gain (100 - %pre)	Normalize gain $\frac{\%post - \%pre}{100 - \%pre}$
กลุ่มตัวอย่าง	9.96	24.21	48	67	0.71(high)

และจากผลการวิเคราะห์หาค่า Normalized Gain,  $\langle g \rangle$  ของคะแนนวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน pre-test /post-test ของกลุ่มตัวอย่างแบบรายบุคคล พบว่ามีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าอยู่ในระดับสูง 15 คน คิดเป็นร้อยละ 62.5 และระดับกลาง 9 คน คิดเป็นร้อยละ 37.5 ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ไม่พบนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำ ดังแสดงใน ภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.6 ค่า normalized gain  $\langle g \rangle$  ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี แยกเป็นรายบุคคล

#### 4.3 ศึกษาทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน จากชิ้นงานโดยเสนอข้อมูลในรูปความเรียง

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำตัวอย่างชิ้นงานที่นักเรียนกลุ่มตัวอย่างจะ ได้ร่วมมือกันระดมความคิดลงในใบงานหรือใบกิจกรรมมาศึกษา จากการจัดการเรียนรู้ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดขั้นสูง แยกนำเสนอตามทักษะได้ดังนี้

##### 4.3.1 ทักษะการคิดวิเคราะห์

ตัวอย่างเช่นชิ้นผลงานจากกิจกรรมตามแผนจัดการเรียนรู้ เรื่องเซลล์กัลวานิก เช่น ใบกิจกรรมที่ 2 คู่เหมือนที่แตกต่าง ดังภาพ 4.7 นักเรียนทุกกลุ่มสามารถทำได้ถูกต้อง แต่ลักษณะกระบวนการในการคิดจะแตกต่างกัน ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนในกลุ่มที่ 5 มีวิธีการในการหาคำตอบโดยนักเรียนอธิบายว่า

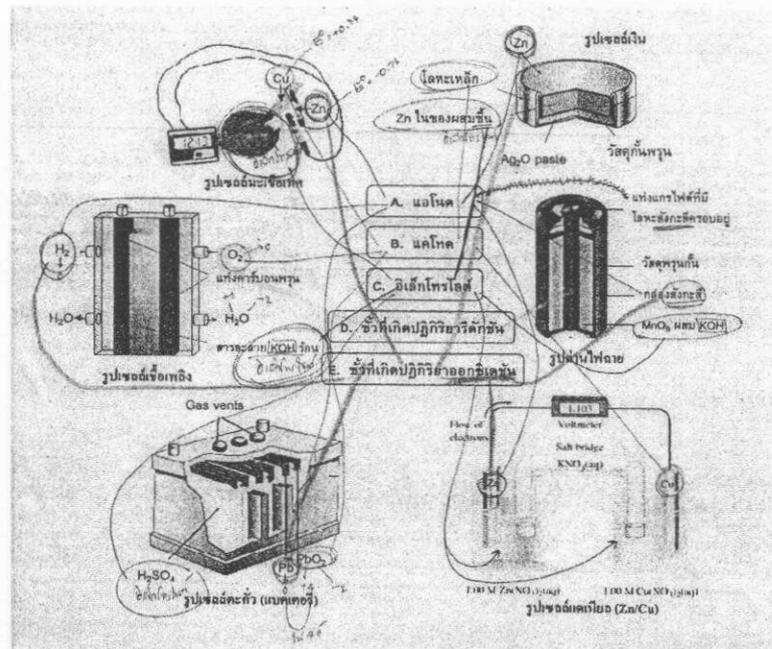
“กลุ่มเราจะเริ่มต้นด้วยการช่วยกันมองหาองค์ประกอบสิ่งที่เหมือนกันจากในรูปก่อนว่ามีองค์ประกอบใดเหมือนกันบ้าง แล้วช่วยกันทำเครื่องหมายหรือสัญลักษณ์ เพราะถ้าองค์ประกอบเป็นสารหรือสิ่งที่เหมือนกันก็ย่อมทำหน้าที่เดียวกัน”

ซึ่งจากคำอธิบายดังกล่าว จะพบว่านักเรียนมีการใช้ปากกาหลายหลายสีเขียนวงกลม โดยใช้ปากกาสีเขียววงกลมที่องค์ประกอบที่เป็นสังกะสี หรือ Zn ที่มีในแต่ละเซลล์ และใช้ปากกาการสีแดงวงกลมองค์ประกอบที่เป็นทองแดง หรือ Cu ของแต่ละเซลล์ เป็นต้น

นอกจากนี้ในกรณีที่องค์ประกอบไม่ใช่สิ่งเดียวกันนักเรียนจะมีหลักการพิจารณาโดยนักเรียนอธิบายดังนี้

“ถ้าสิ่งที่กำหนดให้ไม่ใช่สิ่งเดียวกันแต่มีลักษณะหรือคุณสมบัติเหมือนกันก็น่าจะทำหน้าที่คล้ายกัน เช่น ใน ในเซลล์เบตเตอรี่มี  $H_2SO_4$  เป็นองค์ประกอบ ซึ่ง  $H_2SO_4$  เป็นสารละลายกรดทำหน้าที่เป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ดังนั้นส่วนประกอบใดที่มีลักษณะเป็นสารละลายก็น่าจะทำหน้าที่เช่นเดียวกันกับ  $H_2SO_4$  ซึ่งในเซลล์เดเนียลมีสารละลาย  $ZnSO_4$  และ  $CuSO_4$  เซลล์เชื้อเพลิงมีสารละลาย KOH ส่วนในเซลล์เชื้อเพลิงและถ่านไฟฉายมี  $MnO_2$  แต่ไม่ได้อยู่ในรูปสารละลายเหมือนเซลล์อื่นแต่เป็นของผสมกับ KOH จึงน่าจะเป็นอิเล็กโทรไลต์ ส่วนในเซลล์เงินมีองค์ประกอบทุกอย่างเป็นของแข็งแต่มีอยู่หนึ่งองค์ประกอบคือ Zn ในของผสมชั้น ซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงที่สุด ดังนั้นแสดงว่า Zn ในของผสมชั้น จึงทำหน้าที่เป็นสารอิเล็กโทรไลต์ภายในเซลล์”

จากกระบวนการคิดดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความสามารถในการจำแนก แยก จับกลุ่มโดยอาศัยความสัมพันธ์ ตามกระบวนการคิดวิเคราะห์



ภาพที่ 4.7 ชิ้นผลงานการตอบคำถามใบกิจกรรมที่ 2 คู่เหมือนที่แตกต่าง สื่อประกอบการจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก

#### 4.3.2 ทักษะการคิดสังเคราะห์

ตัวอย่างเช่น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนจัดการเรียนรู้ เรื่อง เซลล์กัลวานิก ในใบกิจกรรมที่ 1 ทำได้อย่างไร กิจกรรมนี้จะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มชมวิดีโอ แล้วช่วยกันตั้งคำถาม จากชิ้นผลงานพบว่านักเรียนสามารถตั้งคำถามได้สอดคล้องกับเรื่องราวที่ชม และนักเรียนสามารถ ตอบคำตอบจากคำถามที่นักเรียนสนใจได้ พร้อมสามารถให้เหตุผลได้ถูกต้อง ยกตัวอย่างเช่น นักเรียนกลุ่มที่ 1 ภายในเวลา 1 นาที สามารถตั้งคำถามได้ 6 คำถาม ดังภาพที่ 4.8 จากคำถามจะ พบว่านักเรียนมีความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเรื่องไฟฟ้า และเข้าใจว่ากระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ ของอิเล็กตรอน ดังคำถามที่ 4 ที่ถามว่า

“อิเล็กตรอนเหล่านั้นมาจากไหน (ถล้วยหรือแอปเปิ้ล) ทำไมถึงให้กระแสไฟฟ้า ได้ หรืออิเล็กตรอนมาจากตะปูที่แทงลงไปในผลไม้กันแน่น”

คำถามหรือประเด็นที่น่าสนใจ

- กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร
- เหตุการณ์ในวิดีโอเกิดขึ้นจริงหรือเป็นเหตุการณ์สมมติขึ้น
- สาย USB ที่ใช้เสียบลงในถล้วย มันสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่และไม่เกิดความเสียหายกับสายไหม
- อิเล็กตรอนเหล่านั้นมาจากไหน (ถล้วยหรือแอปเปิ้ล) ทำไมถึงให้กระแสไฟฟ้าได้ หรือมาจากตะปูที่แทงลงไปผลไม้กับแน่น
- ถ้าเราทำการทดลอง เราจะสามารถชาร์จ i-pod ได้จริงหรือไม่
- i-pod ใช้กำลังไฟเท่าใด ทำไมแค่ตะปูและผลไม้เพียง 4 ลูกก็สามารถชาร์จและ i-pod สามารถทำงานได้

#### คำถามหรือประเด็นที่น่าสนใจ

- กระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นได้อย่างไร
- เหตุการณ์ในวิดีโอเกิดขึ้นจริงหรือเป็นเหตุการณ์สมมติขึ้น
- สาย USB ที่ใช้เสียบลงในถล้วย มันสามารถใช้งานได้จริงหรือไม่และไม่เกิดความเสียหายกับสายไหม
- อิเล็กตรอนเหล่านั้นมาจากไหน (ถล้วยหรือแอปเปิ้ล) ทำไมถึงให้กระแสไฟฟ้าได้ หรือมาจากตะปูที่แทงลงไปผลไม้กันแน่น
- ถ้าเราทำการทดลอง เราจะสามารถชาร์จ i-pod ได้จริงหรือไม่
- i-pod ใช้กำลังไฟเท่าใด ทำไมแค่ตะปูและผลไม้เพียง 4 ลูกก็สามารถชาร์จและ i-pod สามารถทำงานได้

ภาพที่ 4.8 ชิ้นผลงานการตั้งคำถาม ตอนที่ 1 ใบกิจกรรมที่ 1 ทำได้อย่างไร สื่อประกอบการจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก

ซึ่งจากคำถามนักเรียนยังไม่สามารถสรุปได้ว่าอิเล็กตรอนมาจากไหน แต่เมื่อเรียนเสร็จนักเรียนสามารถกลับมาตอบคำถามได้และให้เหตุผลได้ถูกต้อง ดังภาพที่ 4.9

คำถามที่ 1 “อิเล็กตรอนมาจากไหน (กล้วยหรือแอปเปิ้ล) ทำไมถึงให้กระแสไฟฟ้าได้ หรือมาจากตะปู้ที่แทงลงไปบนผลไม้กันแน่น”

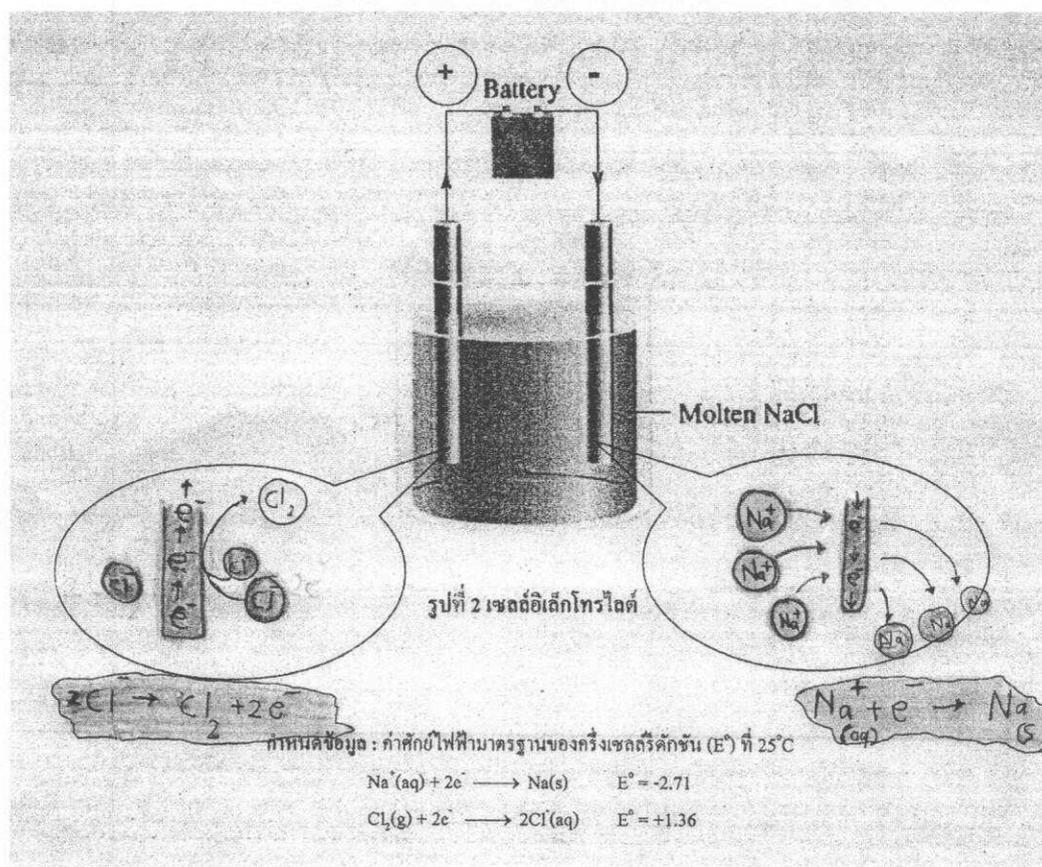
คำถามที่ 1 อิเล็กตรอนมาจากไหน (กล้วยหรือแอปเปิ้ลหรือตะปู้) ทำไมถึงกระแสไฟฟ้าได้  
 คำตอบ มาจากตะปู้ โดยในวิธีโอใช้ตะปู้ 2 ชนิดที่มาจากอินทผลูนและชนิดอื่นสักสองชนิด (ไม่มีชื่อ)  
 เพราะ ตะปู้ 2 ตัวที่เสียบที่ผลไม้จะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า โดยมีตะปู้ตัวหนึ่งทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแล้วผิวของตะปู้จะเกิดการสุกออกไป ส่วนตะปู้อีกตัวจะทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านวงจร (สายไฟ) โดยที่กล้วยหรือแอปเปิ้ลจะเป็นตัวนำที่เชื่อมระหว่างสองขั้ว

คำตอบ “มาจากตะปู้ โดยในวิธีโอใช้ตะปู้ 2 ชนิด”

เพราะ “ตะปู้ 2 ตัวที่เสียบที่ผลไม้จะทำหน้าที่เป็นขั้วไฟฟ้า โดยมีตะปู้ตัวหนึ่งทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอนแล้วผิวของตะปู้จะเกิดการสุกออกไป ส่วนตะปู้อีกตัวจะทำหน้าที่รับอิเล็กตรอนที่ไหลผ่านวงจร (สายไฟ) โดยที่กล้วยหรือแอปเปิ้ลจะทำหน้าที่เป็นสารอิเล็กโทรไลต์”

ภาพที่ 4.9 ชิ้นผลงานการตอบคำถาม ตอนที่ 2 ในกิจกรรมที่ 1 ทำอย่างไร สื่อประกอบการจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก

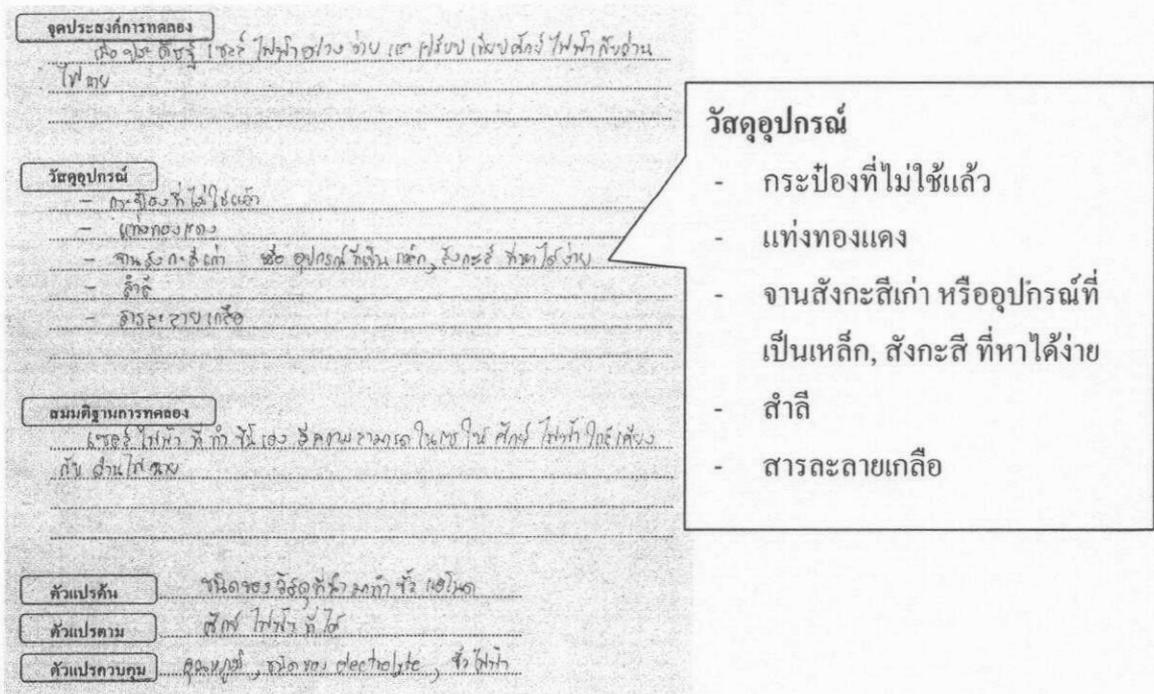
นอกจากนี้จากการทำกิจกรรมที่ 1 ทางเดินของอิเล็กตรอน แผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ก็ส่งเสริมให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการในการคิดเพิ่มขึ้น เช่น การวาดภาพ แสดงการเกิดปฏิกิริยาของเซลล์อิเล็กโทรไลต์ขนาดไมโครด้วยจินตนาการ พบว่านักเรียน สามารถ วาดรูปสื่อสารให้เข้าใจถึงปฏิกิริยาการเกิดแก๊สคลอรีน ( $\text{Cl}_2$ ) จากคลอไรด์ไอออน ( $\text{Cl}^-$ ) ที่ใช้  $\text{Cl}^-$  จำนวน 2 ไอออนรวมตัวกันเป็นแก๊สคลอรีน ดังรูป 4.10



ภาพที่ 4.10 ชิ้นผลงานการตอบคำถาม ใบกิจกรรมที่ 1 ทางเดินของอิเล็กตรอน สื่อประกอบการจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์

4.3.3 ทักษะการคิดวิจารณ์

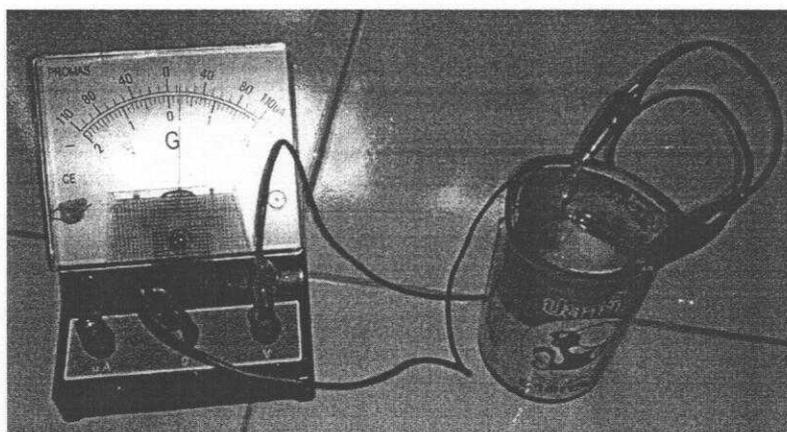
ตัวอย่างเช่นการจัดกิจกรรมตามแผนจัดการเรียนรู้ เรื่องเซลล์กัลวานิก ในใบงานที่ 1 การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉาย กิจกรรมนี้จะให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิดโครงงานขึ้นมาโดยโครงงานจะต้องสามารถตอบคำถามตามประเด็นที่กำหนดให้ได้ ประเด็นคำถามคือ ให้นักเรียนสร้างเซลล์ไฟฟ้าโดยใช้วัสดุอื่นแทนองค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้ายึดแบบอย่างน้อย 2 ส่วน ซึ่งเซลล์ต้นแบบคือถ่านไฟฉาย จากรายงานการเขียนรายงานพบว่านักเรียนสามารถตั้งสมมติฐาน กำหนดตัวแปรที่จะศึกษาได้ สอดคล้องภายใต้ขอบเขตของประเด็นปัญหา ดังภาพที่ 4.11 และนักเรียนสามารถออกแบบการทดลองและเลือกอุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม ตัวอย่างเช่น การเลือกนำกระป๋องบรรจุอาหารที่ใช้งานแล้ว และงานสังกะสีเก่ามาทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนด (ให้อิเล็กตรอน) และใช้ทองแดงจากสายไฟฟ้าเก่าเป็นขั้วแคโทด (รับอิเล็กตรอน) ซึ่งแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในหลักการการทำงานของเซลล์ไฟฟ้าและสามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม และเป็นการประยุกต์ใช้สิ่งของเหลือใช้ให้เกิดประโยชน์ และใช้สารละลายน้ำเกลือทำหน้าที่เป็นอิเล็กโทรไลต์ในการสร้างเซลล์ไฟฟ้า สะท้อนการมีวิจารณญาณในการเลือกใช้วัสดุได้อย่างดี



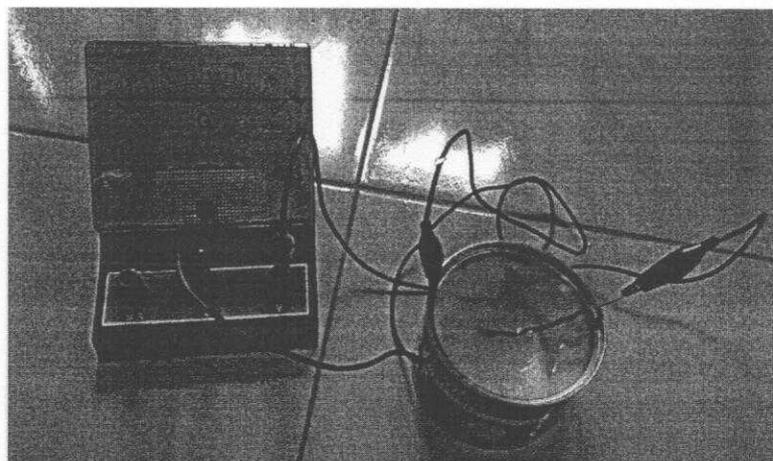
ภาพที่ 4.11 ชิ้นผลงานการออกแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ ใบงานที่ 1 สื่อประกอบการจัดกิจกรรมในแผนจัดการเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก

#### 4.3.4 ทักษะการคิดสร้างสรรค์

จากตัวอย่างพบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ในการเลือกใช้วัสดุตัวอย่างเช่น มีการนำกระป๋องบรรจุอาหารและจานสังกะสีเก่าที่ไม่ใช้งานมาทำเป็นขั้วไฟฟ้าหรือขั้วแอโนด ทำให้ได้เซลล์ไฟฟ้าใหม่ที่มีรูปแบบใหม่แตกต่างจากเดิม ซึ่งเรียกเซลล์นี้ว่า “เซลล์ปลาทะเล” ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถเลือกนำมาวัสดุมาสร้างเป็นเซลล์ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมและแปลกใหม่ โดยเซลล์ดังกล่าวสามารถให้ศักย์ไฟฟ้า 0.2 โวลต์ ดังภาพที่ 4.12 และ 4.13

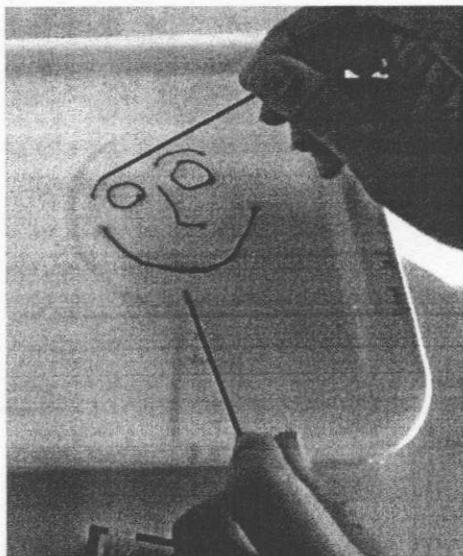


ภาพที่ 4.12 ตัวอย่างชิ้นผลงานการออกแบบ โครงงานเรื่องเซลล์ปลาทะเล แบบที่ 1

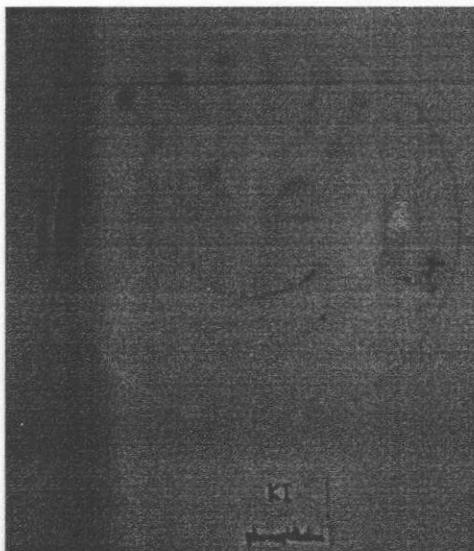


ภาพที่ 4.13 ตัวอย่างชิ้นผลงานการออกแบบ โครงงานเรื่องเซลล์ปลาทะเล แบบที่ 2

จากชิ้นงานการสร้างศิลปะเส้นสีด้วยหลักการแยกสายด้วยไฟฟ้า จะเห็นว่านักเรียนสามารถสร้างชิ้นงานออกมาด้วยความสนุกสนานและมีความแปลกใหม่ โดยมีการนำหลักการการแยกสารด้วยกระแสไฟฟ้ามาสร้างชิ้นงาน ดังภาพที่ 4.14 และ 4.15



ภาพที่ 4.14 ตัวอย่างชิ้นผลงานจากการทดลอง 1 การสร้างศิลปะเส้นสีด้วยกระแสไฟฟ้า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ของกลุ่มที่ 2



ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างชิ้นผลงานจากการทดลอง 1 การสร้างศิลปะเส้นสีด้วยกระแสไฟฟ้า แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง เซลล์อิเล็กโทรไลต์ ของกลุ่มที่ 7

จากชิ้นงานจะเห็นว่านักเรียนเข้าใจหลักการเกิดปฏิกิริยาของสารเมื่อใส่กระแสไฟฟ้า นอกเหนือจากนี้นักเรียนยังนำหลักการการทำงานของอินดิเคเตอร์มาช่วยในการสร้างสีให้กับเส้นให้สวยงามขึ้นเมื่อทำการแยกสารดังกล่าวด้วยกระแสไฟฟ้า หรือเมื่อลากขั้วไฟฟ้าที่ทำจากแกรไฟต์ว่าครูปตามความต้องการ

ตัวอย่าง จากภาพที่ 4.13 เป็นชิ้นงานของกลุ่มที่ 2 ที่สร้างสรรค์ขึ้น โดยนักเรียนอธิบายหลักการ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และให้เหตุผลเกี่ยวกับการเกิดเส้นสีในภาพ ดังนี้

“ถ้าน้ำแข็งเจอกับ ไอ โอดีนเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงินม่วง กลุ่มเราจึงนำมาลองวาดรูป เพราะการแยกสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ด้วยกระแสไฟฟ้าจะเกิด ไอ โอดีนขึ้นที่ขั้วบวก เพราะ ไอ โอไดด์ไอออน ( $I^-$ ) จะเสียอิเล็กตรอนกลายเป็น ไอ โอดีนเกิดขึ้น ดังนั้น ถ้าเรานำน้ำแข็งสุกมาผสมลงไปบนกระดาษก็จะทำให้เห็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้ชัดเจน และสามารถวาดเป็นรูปภาพได้”

ส่วนในภาพที่ 14 เป็นตัวอย่างชิ้นงานของกลุ่มที่ 7 ที่ใช้หลักการอินดิเคเตอร์เข้ามาสร้างสีเส้นให้มีความแปลกและสวยงามยิ่งขึ้น คือการนำฟีนอล์ฟทาลีนซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีจากใสไม่มีสีไปเป็นสีชมพูเข้มเมื่ออยู่ในสถานะที่มีความเป็นเบสยิ่งขึ้น ซึ่งจากชิ้นงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในหลักการแยกสารละลายโพแทสเซียมไอโอไดด์ด้วยไฟฟ้า ที่เมื่อให้กระแสไฟฟ้าแก่สารละลายจะเกิดสถานะความเป็นเบสเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดไฮดรอกไซด์ไอออนขึ้นที่ขั้วลบ โดยเกิดจากการที่โมเลกุลน้ำที่ใช้เป็นตัวทำละลายในสารละลายเกิดการรับอิเล็กตรอนจึงทำให้สารละลายเมื่อให้กระแสไฟฟ้าไปเรื่อยๆ มีความเป็นเบสเพิ่มขึ้นและเมื่อเจอกับฟีนอล์ฟทาลีนก็จะให้สีชมพูตามแท่งแกรไฟต์ที่ลากไปดังกล่าว

จากชิ้นงานแสดงให้เห็นถึงพัฒนาการทางด้านการคิดที่เพิ่มขึ้นและเห็นได้ชัดเจน โดยเฉพาะทักษะการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับข้อมูลที่ได้ในการวิจัยครั้งนี้ที่พบว่าความถี่ของพฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะการคิดขั้นสูงของนักเรียนส่วนใหญ่มีร้อยละของทักษะการคิดสร้างสรรค์สูงกว่าทักษะการคิดด้านอื่น โดยคิดเป็นร้อยละ 88.33 ส่วนทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการคิดวิจารณ์ คิดเป็นร้อยละ 75.97, 71.67 และ 63.47 ตามลำดับ

จากการศึกษาชิ้นงานของนักเรียนดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มตัวอย่างมีทักษะการคิดขั้นสูงทั้ง 4 ด้าน สอดคล้องกับข้อมูลทางสถิติดังที่กล่าวไว้ในตอนที่ 2

#### 4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนแบบโครงงาน วิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนแบบ  
โครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

รายการแสดงความคิดเห็น	$\bar{X}$	SD	ความพึงพอใจ	อันดับที่
<b>1. ด้านสาระการเรียนรู้</b>				
1.1 เนื้อหาที่น่าสนใจ	3.95	0.57	มาก	5
1.2 เนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย	4.05	0.57	มาก	1
1.3 ช่วยให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจในเรื่องที่เรียนได้มากขึ้น	3.92	0.59	มาก	6
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>				
2.1 นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	3.89	0.65	มาก	7
2.2 นักเรียนมีโอกาสศึกษาความรู้ด้วยตัวเอง	3.71	0.69	มาก	10
2.3 เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้จากกิจกรรม มีความเหมาะสม	3.76	0.75	มาก	8
2.4 ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น	3.74	0.69	มาก	9
<b>3. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>				
3.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	3.58	0.64	มาก	12
3.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	3.71	0.69	มาก	10
3.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน	3.66	0.53	มาก	11
<b>4. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้</b>				
4.1 สื่อมีความน่าสนใจและกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	4.00	0.57	มาก	3
4.2 สื่อมีความเหมาะสมสะดวกต่อการนำไปใช้และง่ายในการใช้	3.97	0.54	มาก	4
4.3 สื่อมีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ	3.97	0.49	มาก	4
4.4 สื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาสาระได้ง่ายขึ้น	4.03	0.49	มาก	2
4.5 นักเรียนได้รับประโยชน์จากสื่อการเรียนรู้	3.97	0.49	มาก	4
<b>รวมเฉลี่ย</b>	<b>3.86</b>	<b>0.39</b>	<b>มาก</b>	

จากตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ค่าความพึงพอใจนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนแบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี โดยมีรายการประเมิน 4 ด้าน คือ

- (1) ด้านสาระการเรียนรู้
- (2) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้
- (3) ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้
- (4) ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้

ซึ่งจากผลการวิเคราะห์แสดงว่า ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี วิชาเคมี สำหรับนักเรียนห้องวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) เท่ากับ 3.86 และจากข้อมูลดังกล่าวเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากทุกรายการ และด้านที่นักเรียนมีความพึงพอใจมากที่สุด คือ ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้ นอกจากนี้เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า รายการที่นักเรียนมีความพึงพอใจสูงสุด 3 อันดับ คือ พึงพอใจกับเนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย ( $\bar{X} = 4.05$ ) รองลงมา คือ พึงพอใจกับนักเรียนได้รับประโยชน์จากเรื่องที่อ่าน ( $\bar{X} = 4.03$ ) และอันดับที่ 3 จากผลพบว่ามี 2 รายการที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน ( $\bar{X} = 3.97$ ) คือสื่อมีความเหมาะสมสะดวกต่อการนำไปใช้และง่ายในการใช้ กับสื่อมีความเหมาะสมกับเนื้อหาสาระ ส่วนข้อที่มีความพึงพอใจต่ำสุด คือ มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย ( $\bar{X} = 3.58$ )

## บทที่ 5

### สรุปผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยต้องการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน ประกอบด้วย การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดวิจารณ์ และการคิดสร้างสรรค์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ ในการเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี สำหรับนักเรียนห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งการวิจัยสรุปได้ดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้า ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ทำให้นักเรียนมีความก้าวหน้าของการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ (Average Normalized Gain) เท่ากับ 0.36 ทักษะการคิดสังเคราะห์ เท่ากับ 0.37 ทักษะการคิดวิจารณ์ เท่ากับ 0.31 และทักษะการคิดสร้างสรรค์ เท่ากับ 0.61 อยู่ในระดับปานกลาง นอกจากนี้ยังพบว่าความถี่ของพฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะการคิดขั้นสูง ร้อยละ 88.33 ของพฤติกรรมที่แสดงออกมีทักษะการคิดสร้างสรรค์สูงกว่าทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และการคิดวิจารณ์ อยู่ที่ระดับร้อยละ 75.97, 71.67 และ 63.47 ตามลำดับ

5.1.2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีความก้าวหน้าทางการเรียน เท่ากับ 0.71

5.1.3 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับพึงพอใจมาก คือค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.86

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

##### 5.2.1 ข้อเสนอแนะทั่วไป

5.2.1.1 กิจกรรมหรือสถานการณ์ในการจัดการเรียนรู้ ควรมีความหลากหลาย และเป็นรูปธรรม เริ่มตั้งแต่ขั้นสร้างความสนใจโดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงสามารถศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองได้ และนักเรียนได้ดำเนินกิจกรรมต่างๆเหล่านั้นด้วยความเข้าใจตั้งแต่ต้นจนถึงสิ้นสุดกิจกรรม

5.2.1.2 การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เน้นการปฏิบัติที่นักเรียนได้ลงมือทำด้วยตนเองในขณะที่นักเรียนกำลังศึกษาและปฏิบัติกิจกรรมครูต้องคอยดูแลให้คำปรึกษาและเมื่อนักเรียนทำกิจกรรมเสร็จครูต้องตรวจผลงานและแจ้งผลให้นักเรียนทราบทันทีเพื่อที่จะได้ทำการแก้ไขข้อบกพร่องที่พบทันที นักเรียนจะได้เข้าใจถูกต้องไม่มีมโนคติที่คลาดเคลื่อนคิดไปด้วยและเป็นพื้นฐานในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

## 5.2.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัย

5.2.2.1 ควรมีการศึกษารูปแบบการสอน เทคนิคการจัดการเรียนการสอนในรูปแบบต่างๆ ในวิชาเคมี เรื่อง ไฟฟ้าเคมี เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดแก่นักเรียน

5.2.2.2 ควรศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการสอนแบบโครงงานกับการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงด้านอื่นๆ ด้วย

5.2.2.3 พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงงานวิทยาศาสตร์แบบเปิดกว้าง ซึ่งนักเรียนนั้นเป็นผู้กำหนดปัญหา การทดลองและสรุปผลด้วยตนเอง นั่นคือดำเนินการจัดการเรียนรู้ทั้ง 5 ขั้นตอนด้วยตนเองทั้งหมด

5.2.2.4 พัฒนาเทคนิคการสอนเพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงประเภทอื่นๆ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

5.2.2.5 ควรศึกษาความสัมพันธ์ของการคิดทั้ง 4 แบบ ว่ามีความสัมพันธ์กันแบบใดในนักเรียนแต่ละคน

เอกสารอ้างอิง

## เอกสารอ้างอิง

- กานดา ทิววัฒน์ปกรณ์. ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง . สืบค้นเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2553, จาก  
[www.thaigoodview.com/library/teachershow/.../P5N6.htm](http://www.thaigoodview.com/library/teachershow/.../P5N6.htm), 2543.
- กระทรวงศึกษาธิการ. รายงานการสังเคราะห์แนวคิดและวิธีการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริม  
ทักษะการคิดวิเคราะห์. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่ง  
ประเทศไทย, 2549.
- กรมวิชาการ. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้สังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม.  
พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, 2545.
- กฤษณา พรหมวงษ์. ผลการใช้แบบฝึกเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และ  
คุณภาพโครงการวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์  
ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. การคิดเชิงวิเคราะห์, พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร : ชัดเชตมีเดีย,  
2547.
- จิต นวนแก้ว. การพัฒนาความสามารถในการคิดขั้นสูงในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนคริน-  
ทรวิโรฒ, 2543.
- ชฎาวรรณ กองพล. การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดชลบุรี ที่เคยทำโครงการวิทยาศาสตร์กับไม่เคยทำโครงการ  
วิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระ  
จอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.
- ชาติ แจ่มนุช. สอนอย่างไรให้คิดเป็น. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์เลียงเชียง, 2545.
- ชูจิต บุตรดี. การศึกษาการประชุมปฏิบัติการการเสนอโครงการวิทยาศาสตร์สำหรับครูวิทยาศาสตร์  
ระดับมัธยมศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต :  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535.
- เชิดศักดิ์ โฉวาสินธ์. การฝึกสมรรถภาพสมองเพื่อพัฒนาคุณภาพการคิด. วิทยานิพนธ์ปริญญา  
ศึกษาศาสตร์ดุสิตมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2530.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ณัฐพงศ์ ฉลาดเยี่ยม. การพัฒนากิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในช่วงชั้นที่ 3 โรงเรียนในอำเภอศรีบุญเรือง สำนักเขตพื้นที่การศึกษาหนองบัวลำภู เขต. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.
- \_\_\_\_\_ . ผลของการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐานตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนอาชีวศึกษา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 2548.
- ดิลก ดิลกานนท์. การฝึกทักษะการคิดเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษาคุษฎีบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร, 2534.
- ทิสนา เขมมณี. “การพัฒนากระบวนการคิด : แนวทางที่หลากหลายสำหรับครู”, วารสารราชบัณฑิตยสถาน, 28 (1), 38-54, 2546.
- \_\_\_\_\_ . วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ บริษัทเดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด, 2544.
- \_\_\_\_\_ . การคิดและการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2540.
- บุษกร คำคง. ปัจจัยบางประการที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดวิจารณ์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มัธยมศึกษาปีที่ 3 และมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตอำเภอเมืองจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2542.
- ประครอง แสนไชย. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2545.
- พิรุลาวัณย์ สุภอุทุมพร. การศึกษาการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการเรียนวิชาโครงการวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิตของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545.
- พิไลลักษณ์ ศิลปะระเสริฐ. การศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนรู้ด้วยการทำกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ไพฑูรย์ ชัยประโคน. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้กิจกรรม โครงการงานวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2542.
- มยุรี หรุ่นจำ. ผลการใช้รูปแบบพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่มีต่อความสามารถ ในการคิดแก้ปัญหาในบริบทของชุมชนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544.
- ยุพาพันธ์ มินวงษ์. การศึกษาความคิดระดับสูงทางวิทยาศาสตร์ และการได้รับประโยชน์จากสิ่งแวดล้อมทางการเรียนด้านตัวบุคคล และข้อมูลข่าวสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2541
- สายยนต์ สิงห์ศรี. การพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูงและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนพิศาลปัญญวิทยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2548.
- สุทธิพล อาจอินทร์. “การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์”, วารสารวิจัย มข. 16 (1) : มกราคม ; 2554
- สุวิทย์ มูลคำ. กลยุทธ์การสอนคิดวิเคราะห์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร : ห้างหุ้นส่วนจำกัด ภาพพิมพ์, 2548.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. เรียนรู้สู่ครูมืออาชีพ. กรุงเทพมหานคร : บริษัท ที.พี. พริน จำกัด, 2540.
- \_\_\_\_\_. 21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด. กรุงเทพมหานคร : ภาพพิมพ์, 2545.
- สุนันทา สุนทรประเสริฐ. สนุกกับโครงการ. เล่ม 8. กรุงเทพมหานคร : รุ่งสาส์นการพิมพ์, 2544.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. ความสามารถในการแข่งขันระดับนานาชาติ พ.ศ. 2540. กรุงเทพมหานคร : บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด, 2540.
- สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (สมศ.) [องค์การมหาชน]. สรุปผลการสังเคราะห์ผลการประเมินคุณภาพภายนอกสถานศึกษาระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน (รอบสอง พ.ศ.2549 -2554). กรุงเทพมหานคร : สำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา, 2550.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. รายงานการติดตามการดำเนินงานตามนโยบายด้านการศึกษ  
ของรัฐบาล ครบรอบปีที่ 3. กรุงเทพมหานคร : สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา,  
2547.
- ไสว พัทขาว. การพัฒนาระบบการเรียนการสอนเพื่อการเรียนรู้ที่มีความหมายในวิชาเคมี.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรดุษฎีบัณฑิต : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536.
- อารี พันธุ์มณี. ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ 1412, 2537.
- อารี สันทรวี. พหุปัญญาและการเรียนแบบร่วมมือ. กรุงเทพมหานคร : แวนแก้ว, 2540.
- อุษณีย์ โพธิสุขและคณะ. สร้างสรรค์นักคิด : คู่มือการจัดการศึกษาสำหรับผู้ที่มีความสามารถพิเศษ  
ด้านทักษะความคิดระดับสูง. กรุงเทพมหานคร : รัตนพรชัย, 2547.
- อรุวรรณ โพธิอาสน์. ผลของกิจกรรมโครงการวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา  
ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษา  
ศาสตรมหาบัณฑิต : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2541.
- Beyer, B.K. Practical Strategies for the Teaching of Thinking. Boston: Allyn and Bacon, 1987.
- Bloom , Benjamin S. Taxonomy of Educational Objectives Book 1: cognitive Domain. London:  
Longman Group Limited, 1956.
- \_\_\_\_\_ . Taxonomy of Education Objectives Handbook I: Cognitive Domain. New York:  
David Mckay Company, 1976.
- Dewey, J. How to Think. Boston: D.C.Health Company, 1993.
- Dressel, P.L., and Mayhew, L.B. Generation Education : Explorations in Evaluation. 2<sup>nd</sup> ed.  
Washington, D.C.: American Council on Education, 1975.
- Ennis, Robert H. "A Logical Basic for Measuring Critical Thinking Skills", Journal of Education  
Leadership. 45 – 48; October, 1985.
- Guiford. The Nation of Human Intelligence. New York: Mc Graw – Hill Book co., 1867.
- Good, C. V. Dictionary of Education. New York: McGraw – Hill, 1973.
- Halpern, D. "Assessing the effectiveness of critical thinking instruction", Journal of General  
Education. 50(4): 270-286, 1993.
- Hilgard E.R.and Atkinson R.C. Introduction to Psychology. N.Y.: Marcourt Brace and world,  
1962.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Huitt, W. Moral and Character Development.  
<http://chiron.valdosta.edu/whuitt/ccol/morchr/morchr.html>, nsp. September, 2010.
- Marzano, Robert J. Designing a New Taxonomy of Educational Objectives. California: Corwin Press, Inc., 2001.
- Miri Barak & Yehudit Judy Dori. "Enhancing Higher Order Thinking Skills Among Inservice Science Teachers Via Embedded Assessment", J Sci Teacher Educ. 20: 459–474, 2009.
- National Postsecondary Education Cooperative (US Department of Education). "Definitions and Assessment Methods for Critical Thinking, Problem Solving, and Writing", The NPEC Sourcebook on Assessment. 1: 1, 2000.
- Piaget . J. The Origin of Intelligence in the Child. Translated by Margaret Cook. States of America: Published in Penguin Education, 1977.
- Robin Wright and James Boggs. "Learning Cell Biology as a Team: A Project-Based Approach to Upper-Division Cell Biology", Cell Biology Education, 1: 145–153, 2002.
- Russell, J.M. "The Effects of Problem Solving on Junior High School Students Apply and Analysis Earth Science Matter", Dissertation Abstract International. 40: 1366A – 1367A, 1979.
- Teagle, T. E. The Socratic Method of Teaching : Its Effect on the Development of Critical Thinking Skill of Upper Grade Elementary School Students (Problem Solving, Questioning Inquiry). Ed.D. Arizona: Northern Arizona University, 1986.
- Watson. G and Glazer Z E.M. Watson – Glaser, Critical Thinking Appraisal Manual. New York: Brace and World Inc, 1964.
- Willam, J.L. "Incooperating Critical Thinking into The Secondary English Curriculum". Ed.D. University of Illinois at Urbana Champaign, 6: 108–112, 1985.
- Wolcott, S. K. Using rubrics for assessing critical thinking skills.  
<http://www.planning.iupui.edu/conferences/national/National/2010/Handouts/Wolcott/Wolcott04.pdf> Wolcott/Wolcott04.pdf. May, 2010.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์  
ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เรื่องไฟฟ้าเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 (เน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการคิด)

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

เวลาเรียน 12 ชั่วโมง

เรื่อง เซลล์กัลวานิก

เวลาเรียน 3 ชั่วโมง

วิชา เคมี เพิ่มเติม 4 รหัสวิชา ว 30231

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

## 1. สาระสำคัญ

เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical Cell) คือ เครื่องมือที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ทั้งที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า หรือเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี ซึ่งเซลล์ไฟฟ้าเคมี แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

1) เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) หรือ เซลล์โวลตาอิก (Voltaic cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าเคมีที่เปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า เกิดจากสารเคมีทำปฏิกิริยากัน แล้วมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น เช่น ถ่านไฟฉาย

2) เซลล์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic cell) คือ เซลล์ไฟฟ้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานเคมี เกิดจากการผ่านกระแสไฟฟ้าจากภายนอกเข้าไปในเซลล์ แล้วทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น เช่น การแยกสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้า และการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า

องค์ประกอบของเซลล์ไฟฟ้า ประกอบด้วย

(1) ขั้วไฟฟ้า (Electrode) ออกเป็น 3 ชนิด คือ

(1.1) ขั้วว่องไว (Active electrode)

(1.2) ขั้วเฉื่อย (Inert electrode)

(1.3) ขั้วแก๊ส (gas electrodes)

(2) สะพานเกลือ (Salt bridge)

(3) อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) คือ สารที่มีสถานะเป็นของเหลว นำไฟฟ้าได้ เพราะมีไอออนบวกและลบเคลื่อนที่ไปมา อิเล็กโทรไลต์มี 2 ชนิด

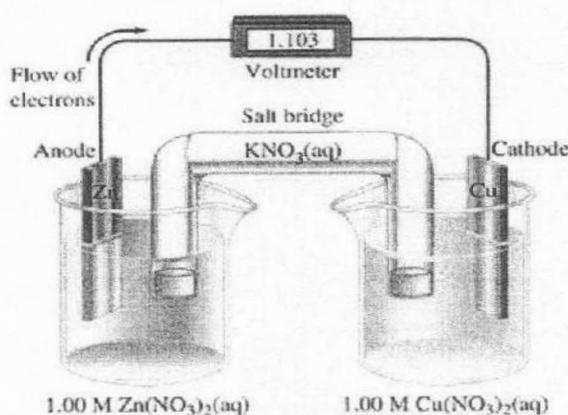
(3.1) สารประกอบไอออนิกหลอมเหลว

(3.2) สารละลายอิเล็กโทรไลต์

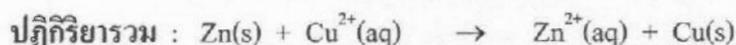
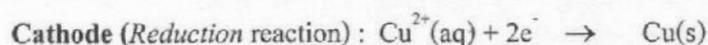
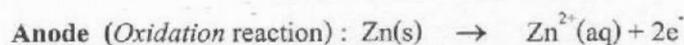
สำหรับในเซลล์ไฟฟ้าหนึ่งๆ จะต้องประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้า 2 ขั้ว ประกอบด้วย

ขั้วแอโนด (Anode) คือ ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน

ขั้วแคโทด (Cathode) คือ ขั้วที่เกิดปฏิกิริยารีดักชัน



รูปที่ 1 แสดงเซลล์ไฟฟ้าเคมี ประเภทเซลล์กัลวานิก



## 2. ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

2.1 อธิบายหลักการและส่วนประกอบของเซลล์กัลวานิก การทำงานของเซลล์กัลวานิก เขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในเซลล์กัลวานิกและเขียนแผนภาพของเซลล์กัลวานิกได้

2.2 อธิบายค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์ ( $E^{\circ}$ ) และใช้ค่า  $E^{\circ}$  ทำนายการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์และคำนวณหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ในภาวะต่างๆ ได้

### 3. จุดประสงค์การเรียนรู้ นักเรียนสามารถ

- 1) อธิบายหลักการทำงานของเซลล์กัลวานิกได้
- 2) บอกองค์ประกอบและหน้าที่ของแต่ละองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกได้
- 3) ยกตัวอย่างหรือวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมือนองค์ประกอบของเซลล์กัลวานิกได้
- 4) อธิบายและเขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นได้
- 5) สามารถเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิกได้
- 6) สามารถนำหลักการของเซลล์กัลวานิกมาประยุกต์ได้
- 7) มีจิตวิทยาศาสตร์ด้านความสนใจใฝ่รู้ ความรอบคอบ การร่วมแสดงความคิดเห็น และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น ความมีเหตุผล และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

### 4. เนื้อหาสาระ

- เซลล์กัลวานิก
- การเขียนแผนภาพของเซลล์กัลวานิก
- ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์และศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์
- ประเภทเซลล์กัลวานิก

### 5. กิจกรรมการเรียนรู้

#### 5.1 ขั้นสร้างความสนใจ (15 นาที)

- 5.1.1 นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน เรื่อง ไฟฟ้าเคมี จำนวน 30 ข้อ
- 5.1.2 ให้นักเรียนดูวิดีโอ เรื่อง How to charge an i-pod with fruits และ เรื่อง potato battery แล้วช่วยกันตั้งคำถามที่นักเรียนสงสัยและสนใจ ลงในใบกิจกรรมที่ 1 ทำไมอย่างไร
- 5.1.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันคิด อภิปรายถึงเซลล์ผลไม้ ที่ได้ทดลอง
- 5.1.4 นักเรียนร่วมกันตั้งคำถามเกี่ยวกับขอบเขตเป้าหมาย และประเด็นที่นักเรียนต้องการรู้ จากเนื้อหาเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องเซลล์กัลวานิก
  - เซลล์ผลไม้เหล่านี้ให้กระแสไฟฟ้าได้อย่างไร
  - องค์ประกอบแต่ละส่วนทำหน้าที่อะไร
  - กระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเกิดจากปฏิกิริยาอย่างไร

## 5.2 ชั้นสำรวจและค้นหา (50 นาที)

5.2.1 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 3 คน โดยในกลุ่มจะประกอบด้วยนักเรียนที่ได้คะแนนในระดับสูง ปานกลาง และต่ำ อดละกันภายในกลุ่ม จากการทำแบบทดสอบก่อนเรียนไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังจากนั้นให้นักเรียนในกลุ่มเลือกประธานกลุ่ม รองประธาน กรรมการ และเลขานุการกลุ่ม และจัดแบ่งหน้าที่โดยให้ทุกคนมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบงานของกลุ่มร่วมกัน

5.2.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นและทดลองแนวคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบและปฏิกิริยาการถ่าน ไอออนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก

- นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาการทดลอง 9.1 : การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก แล้วทำการทดลองโดยครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับจุดประสงค์ของการทดลองวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการทดลองและวิธีการทดลอง

- ระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมครูต้องคอยดูแล และแนะนำนักเรียนเกี่ยวกับการทำการทดลอง

5.2.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มอธิบายเปรียบเทียบผลการสืบค้นและผลการทดลอง สรุปลงในรายงานผลการทดลองของกลุ่ม

5.2.4 นักเรียนทุกกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง โดยครูถามคำถามดังนี้

- ก่อนทำปฏิกิริยาสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีสีอะไร เพราะเหตุใด (ก่อนการทดลองสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีสีฟ้าเพราะในสารละลายมี  $\text{Cu}^{2+}$ )

- ก่อนการทดลองสารละลาย  $\text{ZnSO}_4$  มีสีอะไร เพราะเหตุใด (ส่วนสารละลาย  $\text{ZnSO}_4$  ในสารละลายมี  $\text{Zn}^{2+}$  ซึ่งไม่มีสี)

- เมื่อจุ่ม Zn ใน  $\text{CuSO}_4$  ชั้นโลหะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร (เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น คือ สารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีสีจางลง เมื่อตั้งไว้เป็นเวลานานขึ้น สารละลายจะมีสีจางมาก หรือในที่สุดจะไม่มีสี ส่วนโลหะมีสารสีน้ำตาลแดงเกาะบนสังกะสีส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลาย เมื่อเขี่ยสารสีน้ำตาลแดงออก พบว่าผิวสังกะสีมีลักษณะขรุขระ)

- เมื่อจุ่ม Cu ใน  $\text{CuSO}_4$  ชั้นโลหะและสารละลาย มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร (ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง)

- เมื่อจุ่ม Zn ใน  $\text{ZnSO}_4$  ชั้นโลหะ และสารละลาย มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร (ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง)

- เมื่อจุ่ม Cu ใน  $\text{ZnSO}_4$  ชั้นโลหะ และสารละลาย มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นหรือไม่ อย่างไร (ไม่เห็นการเปลี่ยนแปลง)

- เพราะเหตุใดเมื่อจุ่ม Zn ใน  $\text{CuSO}_4$  สารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีสีจางลง (คือ สารละลาย  $\text{CuSO}_4$  มีสีจางลง ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากเกิดการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่าง Zn กับ  $\text{Cu}^{2+}$  หลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วในสารละลายจะมีความเข้มข้นของ  $\text{Zn}^{2+}$  เพิ่มขึ้น ส่วนความเข้มข้นของ  $\text{Cu}^{2+}$  ลดลงเป็นผลให้สีฟ้าของสารละลายจางลง)

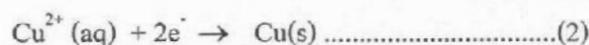
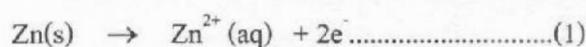
- สารสีน้ำตาลแดงที่เกาะบนโลหะสังกะสีส่วนที่จุ่มอยู่ในสารละลายคืออะไร (ทองแดง (Cu))

- ทองแดงที่เกิดขึ้น เกิดมาจากอะไร แล้วเกิดได้อย่างไร (ทองแดงเกิดมาจาก  $\text{Cu}^{2+}$  รับอิเล็กตรอนแล้วกลายมาเป็นทองแดง (Cu))

- นักเรียนทราบหรือไม่ว่าอิเล็กตรอนในปฏิกิริยามาจากไหน (อิเล็กตรอนในปฏิกิริยามาจากการเสียอิเล็กตรอนของอะตอมของสังกะสี แล้วจะกลายเป็นสังกะสีไอออน ( $\text{Zn}^{2+}$ ) ดังสมการ  $\text{Zn(s)} \rightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$  เราจึงพบว่าผิวสังกะสีมีลักษณะขรุขระหรือกร่อนไป

- จากผลการทดลองที่เกิดขึ้นเราสามารถเขียนเป็นสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยา

ได้ดังนี้



โดยเราเรียกว่าปฏิกิริยาที่สาร Zn เสียอิเล็กตรอน แล้วกลายเป็น  $\text{Zn}^{2+}$  หรือสมการที่ (1) นี้ว่าปฏิกิริยา “ปฏิกิริยาออกซิเดชัน” และเรียกสารที่ทำหน้าที่ให้อิเล็กตรอน (Zn) ว่า “ตัวรีดิวซ์”

ส่วนปฏิกิริยาที่สาร  $\text{Cu}^{2+}$  รับอิเล็กตรอน แล้วกลายเป็น Cu หรือสมการที่ (2) นี้ว่า “ปฏิกิริยารีดักชัน” และเรียกสารที่ทำหน้าที่รับอิเล็กตรอน ( $\text{Cu}^{2+}$ ) ว่า “ตัวออกซิไดส์”

- เมื่อรวมทั้งสองปฏิกิริยาเข้าด้วยกันจะได้ปฏิกิริยาเป็นอย่างไร



ซึ่งเราจะเรียกปฏิกิริยานี้ว่า “ปฏิกิริยารีดอกซ์” โดยเป็นปฏิกิริยาที่มีการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างสารที่เข้าทำปฏิกิริยากัน หรือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นแล้วมีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของสารในปฏิกิริยา)

- เพราะเหตุใดระบบที่ 2, 3 และ 4 จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น (ระบบที่ 2 โลหะทองแดง (Cu) ใน  $\text{CuSO}_4$  1 mol /  $\text{dm}^3$  ที่ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากไอออนของโลหะทองแดง กับ  $\text{Cu}^{2+}$  ในสารละลาย  $\text{CuSO}_4$  เป็นไอออนชนิดเดียวกัน ซึ่งมีความสามารถในการรับอิเล็กตรอนและสูญเสียอิเล็กตรอนเท่ากันดังนั้นระบบที่ 2 นี้จึงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้น ระบบที่ 3 โลหะสังกะสี (Zn) ใน  $\text{ZnSO}_4$  1 mol /  $\text{dm}^3$  ก็สามารถอธิบายได้เช่นเดียวกับระบบที่ 2 ส่วนระบบที่ 4 โลหะทองแดง (Cu) ใน  $\text{ZnSO}_4$  1 mol /  $\text{dm}^3$  ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากความสามารถในการ

ให้อิเล็กตรอนของ Cu น้อยกว่า Zn และ  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  จะรับอิเล็กตรอนได้ดีกว่า  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq})$  ดังนั้นการที่โลหะสังกะสีจะยอมเสียอิเล็กตรอน หรือถูกออกซิไดส์ไปเป็น  $\text{Zn}^{2+}$  จึงเป็นไปได้ยาก ดังนั้นระบบนี้จึงไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น)

- จากการทดลองความสามารถในการรับอิเล็กตรอนของ  $\text{Cu}^{2+}$  กับ  $\text{Zn}^{2+}$  จัดลำดับได้อย่างไร ( $\text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+}$ )

- หลักการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกนี้ นำไปสร้างเป็นเซลล์ไฟฟ้าที่สามารถผลิตกระแสไฟฟ้าให้เราใช้ได้ เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่มือ เป็นต้น

5.2.5 นักเรียนในแต่ละกลุ่มนำความรู้ที่ได้จากการทดลองมาช่วยกันระดมความคิด ทำตอบคำถามหลังการทดลอง และใบกิจกรรมที่ 2 คู่เหมือนที่แตกต่าง

5.2.6 ครูตั้งคำถามต่อไปว่า

- ทราบหรือไม่ว่าองค์ประกอบในถ่านไฟฉายมีอะไรบ้าง แล้วองค์ประกอบทำหน้าที่อะไร มีปฏิกิริยาเกิดขึ้นอย่างไรบ้าง

- ถ่านไฟฉายกับแบตเตอรี่มือถือทำงานแตกต่างกันอย่างไร

- เหตุใดแบตเตอรี่มือถือถ่านไฟฉายบางชนิดจึงสามารถชาร์ตได้ แตกต่าง

กัน

5.2.7 นักเรียนในแต่ละกลุ่มศึกษาเนื้อหาจากใบความรู้เรื่องประเภทเซลล์กัลวานิก

5.2.8 ให้แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนมานำเสนอความรู้ ข้อเสนอแนะ หรือปัญหาหรืออุปสรรค ตลอดจนข้อสงสัยที่ได้จากใบความรู้หน้าชั้นเรียน

### 5.3 ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (20 นาที)

5.3.1 ครูและนักเรียนทั้งหมดร่วมกันอธิบายลงข้อสรุปจากผลจากการสืบค้นและการทดลองเกี่ยวกับเซลล์กัลวานิก และสรุปเป็นองค์ความรู้ร่วมกัน ดังนี้

เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell) มีองค์ประกอบ ดังนี้

1) ครึ่งเซลล์ 2 ครึ่งเซลล์ (Half cell) ประกอบด้วย

- สารละลายอิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte solution)

- ขั้วไฟฟ้า (Electrode) โดยขั้วไฟฟ้ามี 2 ขั้ว คือ

ขั้วแอโนด (Anode) คือ ครึ่งเซลล์หรือขั้วโลหะที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือเสียอิเล็กตรอน (เกิดการผุกร่อน)

ขั้วแคโทด (Cathode) คือ ครึ่งเซลล์หรือขั้วโลหะที่เกิดปฏิกิริยารีดักชันหรือรับอิเล็กตรอน (อาจมีตะกอนเกิดขึ้นเคลือบที่ผิวโลหะ)

2) สะพานเกลือ(Salt bridge) คือ ตัวเชื่อมต่อวงจรภายในของแต่ละครึ่งเซลล์เข้าด้วยกันให้ครบวงจร

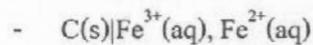
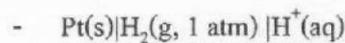
5.3.2 ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเขียนแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นของเซลล์ในรูปแบบแผนภาพเซลล์กัลวานิก ดังนี้

การเขียนแผนภาพของเซลล์กัลวานิก มีหลักการดังนี้

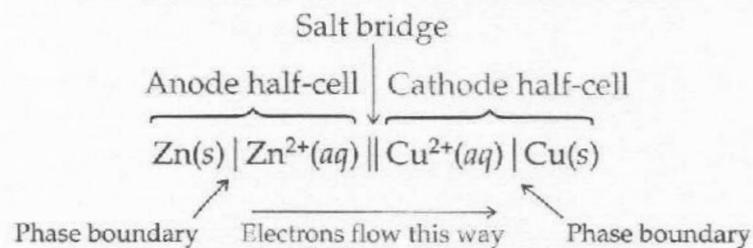
1) เขียนครึ่งเซลล์ออกซิเดชันอยู่ทางซ้าย ค้นด้วย || แล้วเขียนครึ่งเซลล์รีดักชันทางขวา ให้สารละลายอยู่ติดกับสะพานไอออน ดังรูปที่ 2

2) | กั้นสถานะที่ต่างกัน และ , กั้นสถานะเดียวกัน ระบุสถานะของสารโดยใช้ (s) (l) (g) (aq)

3) เซลล์แก๊สหรือเซลล์ที่ประกอบด้วยสารละลายอิเล็กโทรไลต์มากกว่า 1 ชนิด ใช้ตัวไฟฟ้าเฉื่อย เช่น Pt หรือ C และระบุความดันแก๊สในวงเล็บเดียวกับสถานะที่เป็นแก๊ส ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) กั้น เช่น



4) การระบุความเข้มข้นของไอออนในสารละลายให้เขียนไว้ในวงเล็บ



รูปที่ 2 แสดงการเขียนแผนภาพเซลล์กัลวานิก

5.3.3 นักเรียนนำความรู้ที่ได้รับจากการทดลอง และใบความรู้เรื่อง มาตอบคำถามที่นักเรียนตั้งไว้ในใบกิจกรรมที่ 1 ทำไม อย่างไร? ในชั้นสร้างความสนใจ

## 5.4 ขันขยายความรู้ (50 นาที)

5.4.1 ครูตั้งคำถามให้นักเรียนกลับไปช่วยกันระดมความคิด โดยมีประเด็นคำถาม ดังนี้

- ถ้าเรานำวัสดุอื่นๆ มาแทนองค์ประกอบบางส่วนของถ่านไฟฉาย เซลล์จะยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้หรือไม่ และกระแสไฟฟ้าที่ได้เหมือนหรือแตกต่างจากเซลล์ถ่านไฟฉายเดิม

5.4.2 โดยให้นักเรียนกลับมาเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ ตามใบงานที่ 1 เรื่อง การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉายด้วยวัสดุอื่น โดยให้แต่ละกลุ่มการออกแบบการทดลองตามหลักกระบวนการของโครงการวิทยาศาสตร์ ประกอบประเด็นสำคัญดังนี้

- ชื่อเรื่อง
- สมมติฐาน
- ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม
- วางแผนออกแบบการทดลอง
- การบันทึกผลการทดลอง
- อภิปรายผล
- สรุปผล

5.4.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกมานำเสนอแนวคิดของกลุ่มตัวเองหน้าชั้นเรียน

5.4.4 ครูและเพื่อนร่วมให้แนวคิดเพื่อปรับปรุงหรือเป็นแนวทางสำหรับกลุ่มที่วางแผนการทดลองยังไม่ชัดเจนและครอบคลุม

5.4.5 ครูและผู้ช่วยครูสังเกตพฤติกรรมนักเรียนเป็นรายบุคคล ตามแบบสังเกตพฤติกรรมภาคีขั้นสูง ทั้ง 4 ด้าน

## 5.5. ขันประเมินผล (25 นาที)

5.5.1 ให้นักเรียนแต่ละคนย้อนกลับไปอ่านบันทึกประสบการณ์เดิมในใบกิจกรรมที่ 1 ทำไม อย่างไร ? ในขอบเขตเป้าหมาย และประเด็นที่นักเรียนต้องการรู้ แล้วตรวจสอบว่าได้เรียนรู้ตามที่ตั้งเป้าหมายครบถ้วนหรือไม่เพียงใด ถ้ายังไม่ครบถ้วนจะอย่างไรต่อไป (อาจสอบถามให้ครูอธิบายเพิ่มเติม สอบถามให้เพื่อนอธิบาย หรือวางแผนสืบค้นเพิ่มเติมนอกเวลาเรียน)

5.5.2 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรื่องเซลล์กัลวานิก จำนวน 5 ข้อ 15 นาที

5.5.3 ให้นักเรียนแต่ละคนบันทึกหลังเรียน

5.5.4 ครูตรวจรายงานผลการทำทดลอง และการนำเสนอผลงานจากแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ของแต่ละกลุ่ม (รายงานผลการทำใบงานที่ 1)

5.5.5 ครูตรวจใบกิจกรรมที่ 1 เรื่องทำไม อย่างไร?

5.5.6 ครูตรวจใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง คู่เหมือนที่แตกต่าง

5.5.7 ครูประเมินชิ้นผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้นจาก ใบงานที่ 1 จากเกณฑ์การให้

คะแนน

5.5.8 ครูตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ ก่อนและหลังเรียน เรื่อง เซลล์กัลวานิก

หมายเหตุ ทำการเก็บข้อมูลทักษะการคิดขั้นสูง จากสมุดบันทึกผลการทดลอง และสังเกตพฤติกรรมการคิดขั้นสูงก่อน ในรายวิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553 เก็บข้อมูล

โดย 1) นางวราภรณ์ แสงเจริญ	ครูชำนาญการ สาขาเคมี
2) นายสุรเชษฐ์ ไชยดี	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ
3) นางสาวระเบียบ ภาคภูมิ	เจ้าหน้าที่ปฏิบัติการ

## 6. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- ใบความรู้ เรื่อง ประเภทเซลล์กัลวานิก
- ใบกิจกรรมที่ 1 : ทำไม อย่างไร?
- ใบกิจกรรมที่ 2 : คู่เหมือนที่แตกต่าง
- การทดลองที่ 1 : การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก
- วีดีโอ เรื่อง How to charge an i-pod with fruits และ เรื่อง potato battery
- ใบงานที่ 1 เรื่อง การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉายด้วยวัสดุอื่น
- แบบทดสอบวัดทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน
- แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน

### แหล่งการเรียนรู้

1. ห้องสมุดโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย มุกดาหาร อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร
2. <http://www.youtube.com/watch?v=PuiPDBA3XZI&feature=related>
3. <http://www.youtube.com/watch?v=kNP5ezxqIT8>
4. <http://www.youtube.com/watch?v=ufoOJfzro2c&feature=related>

## 7. การวัดและการประเมินผล

พฤติกรรม	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือที่ใช้ในการวัดและประเมินผล	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การตอบคำถาม</li> <li>- การสัมภาษณ์</li> <li>- การนำเสนอผลงาน</li> <li>- การทำใบงาน</li> <li>- การทำแบบทดสอบ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง ทำไมอย่างไร</li> <li>- ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง คู่เหมือนที่แตกต่าง</li> <li>- ใบงานที่ 1 เรื่อง การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉายด้วยวัสดุอื่น</li> </ul>	- นักเรียนทำใบงานและใบกิจกรรมได้ถูกต้องร้อยละ 80
ด้านจิตวิทยา ศาสตร์ (A)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การสังเกตพฤติกรรมในชั้นเรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน</li> <li>- แบบประเมินการนำเสนอหน้าชั้นเรียน (ครูและเพื่อนประเมินเพื่อน)</li> </ul>	- นักเรียนมีความถี่ของพฤติกรรมเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้
ด้านทักษะกระบวนการ (P)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การปฏิบัติกิจกรรมในชั้นเรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- การทำลอง .1 : การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก</li> <li>- ใบงานที่ 1 เรื่อง การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉายด้วยวัสดุอื่น</li> </ul>	- นักเรียนมีพฤติกรรมได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

## 8. บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้

- 8.1 ด้านการบรรลุผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง
- 8.2 ด้านความรู้
- 8.3 ด้านจิตวิทยา ศาสตร์
- 8.4 ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 8.5 ปัญหาที่พบจากการจัดการเรียนรู้และแนวทางแก้ไข
- 8.6 แนวทางในการพัฒนาต่อไป

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการคิดขั้นสูง เรื่องไฟฟ้าเคมี วิชาเคมี

**กิจกรรมที่ 1**

**ทำไม อย่างไร?**

กลุ่มที่..... ชั้น...../.....

- สมาชิก 1 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....
- 2 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....
- 3 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

**ตอนที่ 1**

ให้นักเรียนระดมความคิดช่วยกันตั้งคำถามหรือประเด็นที่สนใจ จากชมวิดีโอ เรื่อง How to charge an i-pod with fruits และ เรื่อง potato battery

คำถามหรือประเด็นที่น่าสนใจ

ตอนที่ 2

ให้นักเรียนช่วยกันเลือกคำถามจากตอนที่ 1 เรียงตามความสนใจจากมากไปน้อย จำนวน 3 ลำดับ และนำความรู้ที่ได้รับจากการจัดการเรียนรู้ มาตอบคำถามพร้อมให้เหตุผล

คำถามที่ 1 .....

คำตอบ .....

เพราะ .....

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

คำถามที่ 2 .....

คำตอบ .....

เพราะ .....

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

คำถามที่ 3 .....

คำตอบ .....

เพราะ .....

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

กลุ่มที่..... ชั้น...../.....

สมาชิก 1 ชื่อ.....สกุล..... เลขที่.....

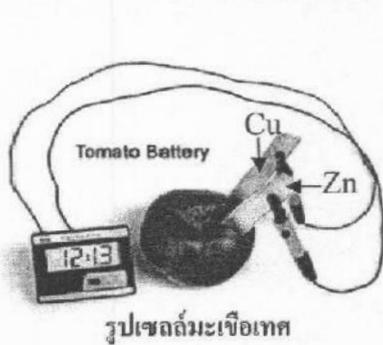
2 ชื่อ.....สกุล..... เลขที่.....

3 ชื่อ.....สกุล..... เลขที่.....

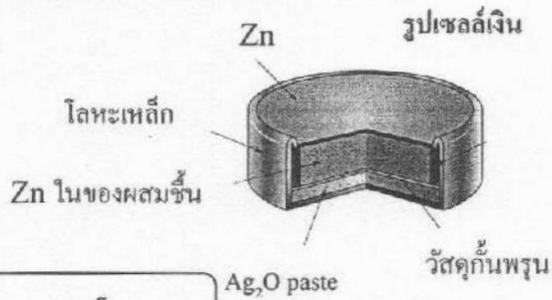
**คำชี้แจง**

ให้นักเรียนเขียนสั้นโยงองค์ประกอบในรูปทั้ง 6 ที่มีคุณสมบัติสอดคล้องกับข้อความ A-E ตรงกลางที่กำหนดให้

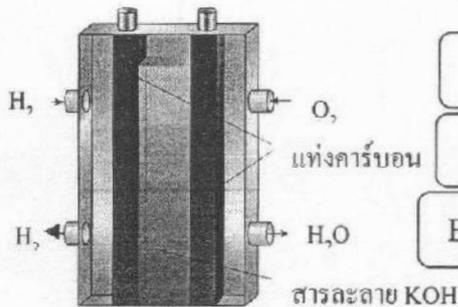
(โดยนักเรียนสามารถเลือกจับคู่ได้ทุกส่วนของเซลล์ทั้งที่ระบุชื่อและไม่ระบุชื่อ)



รูปเซลล์มะเขือเทศ



รูปเซลล์เงิน

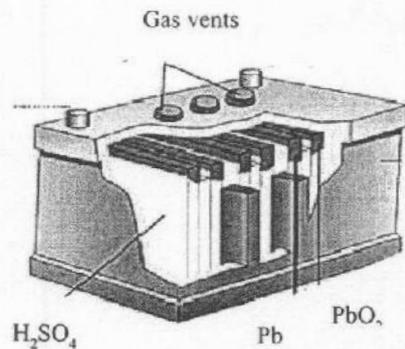


รูปเซลล์เชื้อเพลิง

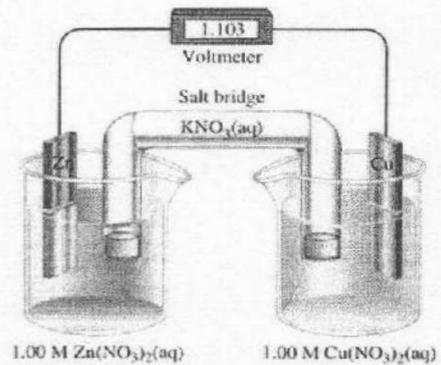
- A แอโนด
- B แคโทด
- C อิเล็กโทรไลต์
- D ขั้วที่เกิดปฏิกิริยรีดักชัน
- E ขั้วที่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน



รูปถ่านไฟฉาย



รูปเซลล์ตะกั่ว (แบตเตอรี่)



รูปเซลล์แดนเนียด (Zn/Cu)

## ใบงานที่ 1

### การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉายด้วยวัสดุอื่น

#### จุดมุ่งหมาย

เพื่อให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดร่วมกันวางแผน และออกแบบการทดลองสร้าง  
ชิ้นงานถ่านไฟฉายตามแนวคิดของกลุ่ม

#### วิธีดำเนินการ

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเสนอแนวคิดในการแก้ปัญหาที่ครูกำหนดให้ แล้วพิจารณาเลือกเพียงกลุ่มละ 1 วิธีการที่คิดว่าดีที่สุด
2. ออกแบบการทดลองหรือเสนอเค้าโครงตามเวลาที่ครูกำหนดให้ เพื่อให้ครูตรวจสอบแล้วนำไปแก้ไขข้อบกพร่อง
3. ดำเนินการทำการทดลองตามที่ออกแบบและวางแผนไว้
4. นักเรียนออกมานำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน
5. จัดทำรายงานส่งครู

#### ระยะเวลา

จำนวน 50 นาที

#### เป้าหมาย

1. เค้าโครงของการวางแผนการทดลอง

2. รายงาน

#### เกณฑ์การประเมิน

ตามแบบวิเคราะห์ทักษะการคิด 4 ด้าน



#### ประเด็นคำถาม คือ

ให้แต่ละกลุ่มนำวัสดุอื่นๆ มาเปลี่ยนแทนองค์ประกอบอย่างน้อย 2 ส่วนของถ่านไฟฉาย โดยที่เซลล์จะยังสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าได้ และกระแสไฟฟ้าที่ได้เหมือนหรือแตกต่างจากเซลล์ถ่านไฟฉายเดิม



การเขียนรายงานการออกแบบการทดลอง

เรื่อง .....

วันที่..... เดือน..... พ.ศ..... เวลา..... - .....น.

กลุ่มที่..... ชั้น...../.....

สมาชิก 1 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

2 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

3 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

จุดประสงค์การทดลอง

.....

.....

.....

วัสดุอุปกรณ์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สมมติฐานการทดลอง

.....

.....

.....

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

ตัวแปรควบคุม

.....

**วิธีการทดลอง**

(ในการออกแบบ และวางแบบการทดลอง นักเรียนสามารถเขียนเป็นรูปแบบ *flow chat*, วาดภาพ หรือรูปแบบอื่นๆ ได้ตามที่คิดว่าจะทำให้เข้าใจได้ง่ายที่สุด อาจแทรกกระดาษเพิ่มได้)

### บันทึกผลการทดลอง

(ให้นักเรียนเลือกและออกแบบรูปแบบการเก็บข้อมูลให้เหมาะสมตามชนิดข้อมูลที่ต้องการเก็บ เช่น ตาราง, กราฟ เป็นต้น)

### อภิปรายผล

(ให้นักเรียนอธิบายผลที่ปรากฏพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน)

.....

.....

.....

.....

.....

### สรุปผล

.....

.....

.....

### ปัญหาและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

**คำถามท้ายการทดลอง**

1. ให้นักเรียนวาดภาพจำลองเซลล์ไฟฟ้าที่นักเรียนสร้างขึ้น พร้อมระบุองค์ประกอบ

2. จงอธิบายและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่สร้างขึ้นกับถ่านไฟฉาย

## ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารละลายของโลหะไอออน

### การทดลองที่ 1

กลุ่มที่..... ชั้น...../.....

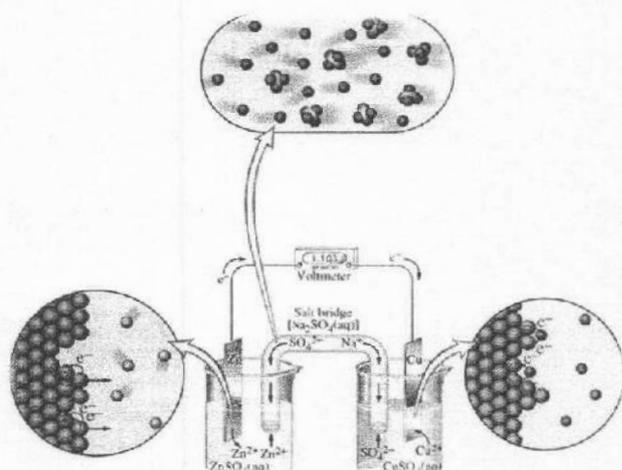
สมาชิก 1 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

2 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

3 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

#### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. ทำการทดลองเพื่อศึกษาปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในสารละลายได้
2. อธิบายการถ่ายโอนอิเล็กตรอนระหว่างโลหะกับโลหะไอออนในปฏิกิริยา พร้อมทั้งเขียนสมการแสดงการถ่ายโอนอิเล็กตรอนได้



ปฏิกิริยารีดอกซ์ คือ ปฏิกิริยาที่มีการเปลี่ยนแปลงเลขออกซิเดชันของอะตอมของธาตุในปฏิกิริยา ซึ่งจะทำให้มีอะตอมของธาตุบางตัวสูญเสียหรือได้รับอิเล็กตรอน จะเรียกปฏิกิริยาที่เกิดการเสียอิเล็กตรอนว่า “ปฏิกิริยาออกซิเดชัน” และเรียกปฏิกิริยาที่มีการรับอิเล็กตรอนว่า “ปฏิกิริยารีดักชัน”

รูปที่ 1 แสดงเซลล์กัลวานิก

#### วัสดุอุปกรณ์

- |   |                  |
|---|------------------|
| 1. สารละลาย $\text{CuSO}_4$ 1 mol / $\text{dm}^3$ | 50 $\text{cm}^3$ |
| 2. สารละลาย $\text{ZnSO}_4$ 1 mol / $\text{dm}^3$ | 50 $\text{cm}^3$ |
| 3. สังกะสี ขนาด 0.5 cm × 7 cm                     | 2 ชิ้น           |
| 4. ทองแดง ขนาด 0.5 cm × 7 cm                      | 2 ชิ้น           |
| 5. บีกเกอร์ ขนาด 50 $\text{cm}^3$                 | 4 ใบ             |
| 6. กระจกบดวง ขนาด 25 $\text{cm}^3$                | 1 ใบ             |
| 7. กระดาษทราย ขนาด 3 cm × 3 cm                    | 1 ชิ้น           |



คำถามก่อนการทดลอง

จากรูปปฏิกิริยารีดอกซ์ นักเรียนคิดว่าไฟฟ้าที่ทำให้หลอดไฟสว่างเกิดขึ้นได้อย่างไร

วิธีทำ



1. ใส่สารละลาย  $\text{CuSO}_4$   $1 \text{ mol/dm}^3$  ลงในบีกเกอร์ 2 ใบ ใบละ  $25 \text{ cm}^3$  สังเกตสีของสารละลาย
2. จุ่มโลหะสังกะสี 1 ชิ้น ใส่ลงในบีกเกอร์ใบที่ 1 และโลหะทองแดง ลงในใบที่ 2 ตั้งทิ้งไว้สักครู่ สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสารละลายและแผ่นโลหะ ถ้ามีสารมาเกาะบนแผ่นโลหะให้ใช้แท่งแก้วเขี่ยออกและสังเกตผิวของโลหะอีกครั้ง
3. ทำการทดลองเช่นเดียวกันกับข้อ 1 และ 2 แต่ใช้สารละลาย  $\text{ZnSO}_4$   $1 \text{ mol/dm}^3$  แทนสารละลาย  $\text{CuSO}_4$

บันทึกผลการทดลอง

ระบบที่ทดสอบ	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	
	จันโลหะ	สารละลาย
Zn ใน $\text{CuSO}_4$ $1 \text{ mol/dm}^3$		
Cu ใน $\text{CuSO}_4$ $1 \text{ mol/dm}^3$		
Zn ใน $\text{ZnSO}_4$ $1 \text{ mol/dm}^3$		
Cu ใน $\text{ZnSO}_4$ $1 \text{ mol/dm}^3$		

คำถามหลังการทดลอง

1. นักเรียนคิดว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นใดบ้างจากการทดลองระบบใดเป็นปฏิกิริยารีดอกซ์

.....  
 .....

2. ตัวออกซิไดส์ที่ใช้ในปฏิกิริยานี้คืออะไร

.....

3. ให้นักเรียนเขียนสมการแสดงปฏิกิริยารีดอกซ์ที่เกิดขึ้น

.....  
 .....

4. นักเรียนทราบหรือไม่ว่าอิเล็กตรอนในปฏิกิริยามาจากไหน

.....  
 .....

5. เลขออกซิเดชันของโลหะกับไอออนของโลหะในสารละลายคู่ที่เกิดปฏิกิริยาเคมี มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

6. ปฏิกิริยาออกซิเดชันเป็นปฏิกิริยาแบบใด

.....  
 .....

7. ปฏิกิริยารีดักชันเป็นปฏิกิริยาแบบใด

.....  
 .....

8. ตัวออกซิไดส์เป็นอย่างไร

.....

9. ตัวรีดิวซ์เป็นอย่างไร

.....

10. นักเรียนคิดว่ากรณีที่เหล็ก (Fe) เปลี่ยนเป็นสนิม ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) เป็นปฏิกิริยารีดอกซ์หรือไม่

.....  
 .....

## กิจกรรมที่ 4

## เส้นทางเดินของอิเล็กตรอน

กลุ่มที่..... ชั้น...../.....

สมาชิก 1 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

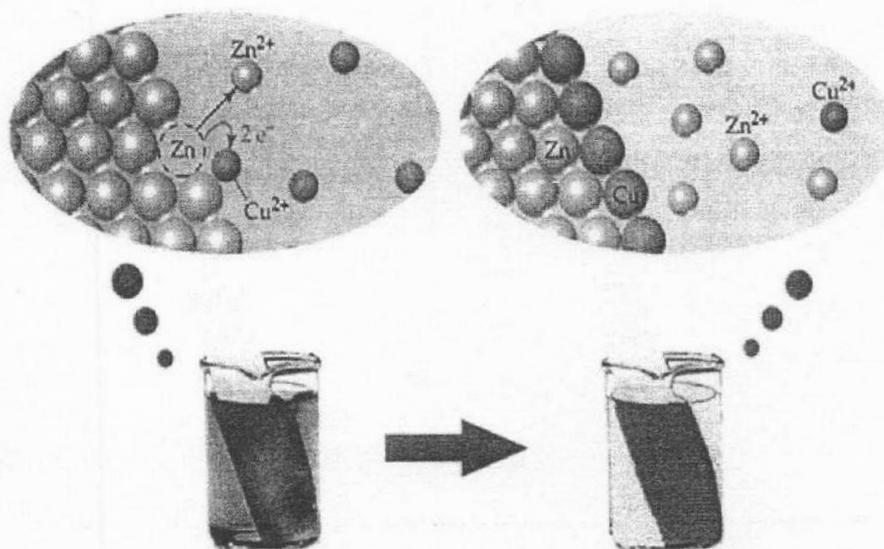
2 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

3 ชื่อ .....สกุล..... เลขที่.....

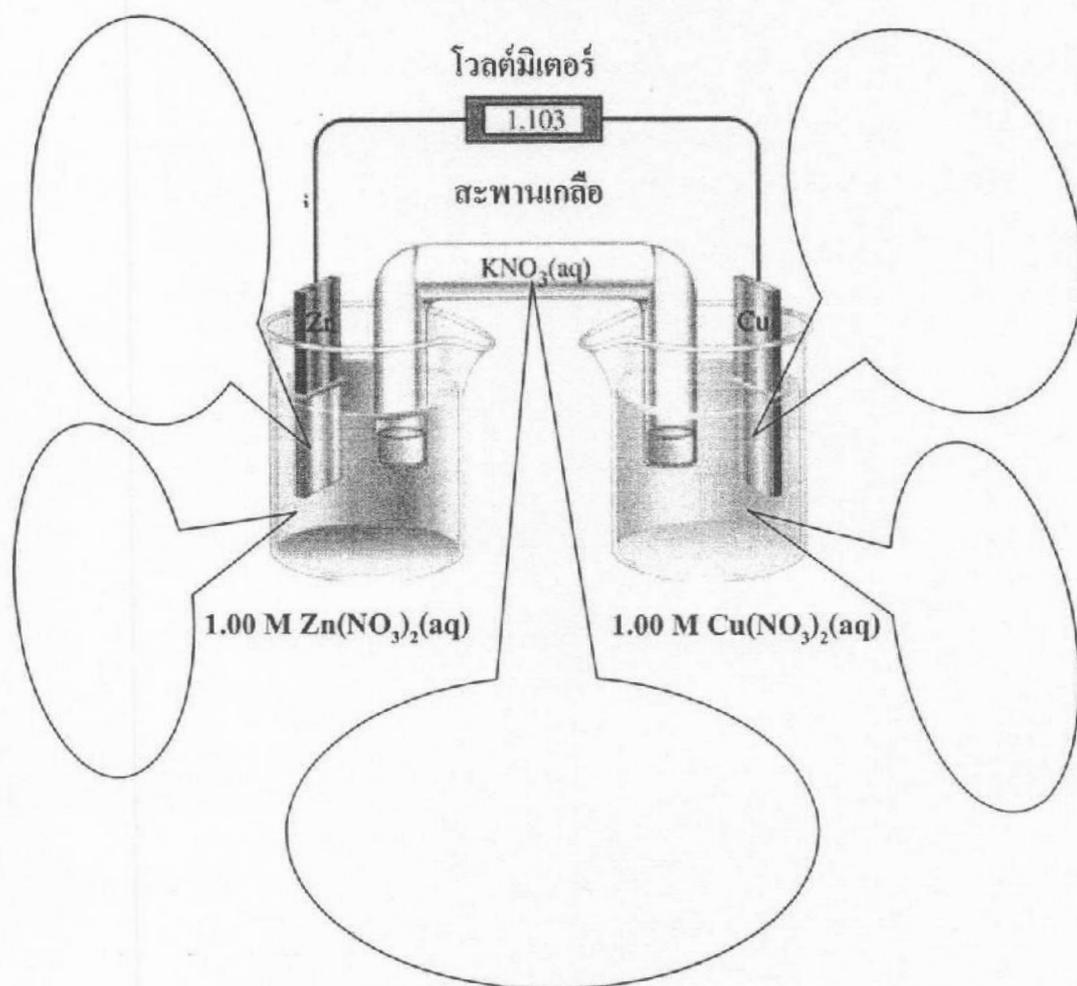
### คำชี้แจง

ให้นักเรียนใช้จินตนาการในวาดภาพที่แสดงให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในเซลล์ที่เกิดจากปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนของเซลล์กัลวานิกและเซลล์อิเล็กโตรไลต์ พร้อมทั้งเขียนปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

(โดยจำลองในระดับอนุภาค *micro scale* ดังตัวอย่าง)

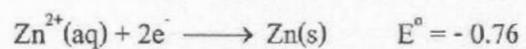
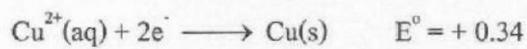


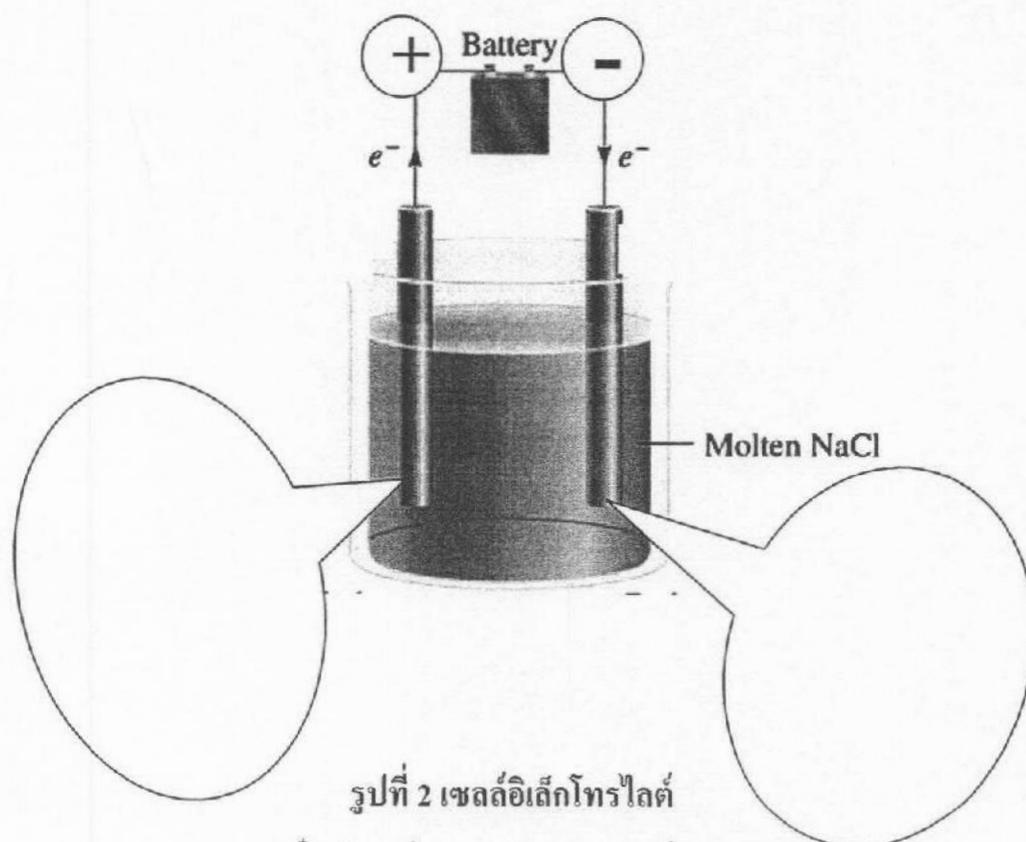
ตัวอย่างแสดงภาพจินตนาการการเกิดปฏิกิริยาการถ่ายโอนอิเล็กตรอนของโลหะ



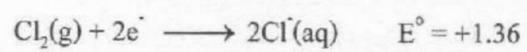
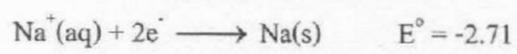
รูปที่ 1 เซลล์กัลวานิก

กำหนดข้อมูล : ค่าศักย์ไฟฟ้ามาตรฐานของครึ่งเซลล์รีดักชัน ( $E^\circ$ ) ที่  $25^\circ\text{C}$





รูปที่ 2 เซลล์อิเล็กโทรไลต์



ภาคผนวก ก

แบบสังเกตพฤติกรรมทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน



เลข ที่	ชื่อ	ความถี่ของพฤติกรรมที่ปรากฏ ในทุก 5 นาที ในช่วง 150 นาที						พฤติกรรมอื่นๆ ที่ ปรากฏขณะทำ กิจกรรม	หมายเหตุ รหัส
		In	Pr	Sc	Cl	Se	Co		
23									
24									

ผู้สังเกต ..... วันที่...../...../.....  
( ) ตำแหน่ง.....

รายละเอียดในการสังเกตพฤติกรรมการคิดวิเคราะห์  
พฤติกรรมที่สังเกตประกอบด้วย 6 พฤติกรรม ดังนี้

1. การรวบรวมข้อมูล (Information : In) คือ การรวบรวมข้อมูลทั้งหมดมาจัดระบบหรือเรียบเรียงให้  
ง่ายแก่การทำความเข้าใจ
2. การวิเคราะห์โดยอาศัยความรู้เดิม (Previous experience : Pr) คือ การกำหนดมิติหรือแง่มุมที่จะ  
วิเคราะห์โดยอาศัยองค์ประกอบ ที่มาจากความรู้หรือประสบการณ์เดิม และการค้นพบลักษณะ  
หรือกลุ่มของข้อมูล
3. การกำหนดขอบเขต (Scoping : Sp) คือ การกำหนดหมวดหมู่ในมิติหรือแง่มุมที่จะวิเคราะห์ หรือ  
ขอบเขตของสาระที่จะศึกษาที่ตรงประเด็นและสอดคล้อง
4. การจัดจำแนกประเภท (Classification : Cl) คือ การแจกแจงข้อมูลที่มีอยู่ลงในแต่ละหมวดหมู่  
โดยคำนึงถึงความเป็นตัวอย่างเหตุการณ์ การเป็นสมาชิก หรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องโดยตรง  
ความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งหนึ่งสิ่งใดซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ  
สิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์
5. การจัดลำดับ (Serial Ordering : Se) คือ การนำเสนอข้อมูลที่แจกแจงเสร็จแล้วในแต่ละหมวดหมู่  
มาจัดลำดับ
6. ความสัมพันธ์ (Correlation Reasoning : Co) คือ การเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างหรือแต่ละ  
หมวดหมู่ ในแง่ของความมาก - น้อยความสอดคล้อง-ความขัดแย้ง ผลทางบวก- ทางลบ ความ  
เป็นเหตุเป็นผล ลำดับความต่อเนื่อง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล ระหว่าง  
องค์ประกอบต่างๆ ของสิ่งหนึ่งสิ่งใดซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราวหรือเหตุการณ์ เพื่อค้น  
การสารภาพความเป็นจริง หรือสิ่งสำคัญ

## แบบสังเกตพฤติกรรมการคิดสังเคราะห์

กิจกรรม เรื่อง.....

ระดับชั้นมัธยมศึกษา ...../..... รายวิชา.....

วันที่..... เวลา.....ถึง.....น. สถานที่.....

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่องเพื่อแสดงความถี่ และบันทึกพฤติกรรมอื่นที่พบเห็น

เลข ที่	ชื่อ	ความถี่ของพฤติกรรมที่ปรากฏ ในทุก 5 นาที ในช่วง 150 นาที			พฤติกรรมอื่นๆ ที่ปรากฏขณะทำ กิจกรรม	หมายเหตุ รหัส
		Re	Cr	Cre		
1						การค้นคว้ารวบรวมข้อมูล (Research : Re) การวิพากษ์ (Critical : Cr) การสร้างสิ่งใหม่ (Create : Cre)
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						

เลข ที่	ชื่อ	ความถี่ของพฤติกรรมที่ปรากฏ ในทุก 5 นาที ในช่วง 150 นาที			พฤติกรรมอื่นๆ ที่ปรากฏขณะทำ กิจกรรม	หมายเหตุ รหัส
		Re	Cr	Cre		
24						

ผู้สังเกต .....

วันที่...../...../.....

( )

ตำแหน่ง.....

รายละเอียดในการสังเกตพฤติกรรมการคิดสังเคราะห์

พฤติกรรมที่สังเกตประกอบด้วย 3 ทักษะ ดังนี้

- 1) การค้นคว้ารวบรวมข้อมูล (Research : Re) คือการค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง que คิด อาจจะมีจำนวนมากและกระจัดกระจาย อยู่ตามที่ต่างๆ แล้วนำมาหลอมรวมเป็นแนวคิดใหม่ที่ โครงร่างเดิม
- 2) การวิพากษ์ (Critical : Cr) เรื่องราวหรือประเด็นต่างๆ เพื่อให้ได้ข้อสรุปบางประการที่เหมาะสม บรรลุ ตามวัตถุประสงค์
- 3) การสร้างสิ่งใหม่ (Create : Cre) คือ การนำแนวคิดหรือประเด็นต่างๆ ที่ได้รับมาจัดรูป ความสัมพันธ์เชื่อมโยงอย่าง สมเหตุสมผล กลายเป็นสิ่งใหม่ที่ไม่เคยมีมาก่อนหรือมีความใหม่ สำหรับเรา นำองค์ประกอบต่างๆ มารวมกันกลายเป็นสิ่งใหม่



เลข ที่	ชื่อ	ความถี่ของพฤติกรรมที่ปรากฏในทุก 5 นาที ในช่วง 150 นาที								พฤติกรรมอื่นๆ ที่ปรากฏขณะ ทำกิจกรรม	หมายเหตุ รหัส
		Ir	Rs	If	Dd	In	Ar	As	Dr		
24											

ผู้สังเกต .....

วันที่...../...../.....

( )

ตำแหน่ง.....

## รายละเอียดในการสังเกตพฤติกรรมการคิดวิจารณ์

พฤติกรรมที่สังเกตประกอบด้วย 8 พฤติกรรม ดังนี้

- ระบุเป้าหมายในการคิด (Identify Goals : Id) คือพูดหรือแจ้งให้ผู้อื่นทราบว่าเป้าหมายของการคิดในแต่ละครั้งคืออะไร เพื่อให้เกิดความชัดเจนและเข้าใจตรงกัน
- ให้เหตุผลประกอบคำตอบที่ได้จากการคิด (Reasoning : Re) คือบอกเหตุผลที่สนับสนุนคำตอบหรือความคิดที่น่าเสนอ
- สรุปอ้างอิงจากข้อมูลที่ไม่มีคำตอบกล่าวไว้อย่างชัดเจน (Inference : If) คือการสรุปให้เห็นถึงความสัมพันธ์ หรือความเกี่ยวข้องของความคิดกับข้อมูลที่ไม่มีคำตอบระบุไว้อย่างชัดเจน
- สรุปความจริงที่เฉพาะเจาะจงจากหลักการ หรือนิรนัย (Deduction : Dd) คือยกตัวอย่าง หรือหาข้อมูลมาสนับสนุนผลการคิดสรุปข้อความจริงเฉพาะที่สรุปได้จากหลักการทั่วไป
- ตีความหมายของสิ่งที่ไม่ชัดเจน (Interpretation : In) คือสรุป หรืออธิบายความหมายของภาษาท่าทาง หรืออารมณ์ที่ปรากฏในเหตุการณ์ต่างๆ
- ประเมินเหตุผลประกอบข้อโต้แย้ง (Argument : Ar) คือบอกหรือตัดสินได้ว่าเหตุผลสนับสนุนหรือข้อขัดแย้งต่อความคิดหนึ่งๆ มีความเหมาะสมหรือไม่
- ยอมรับข้อสรุป (Assumption : As) คือการแสดงความเห็นด้วยกับข้อสรุป หรือความคิดบางอย่างซึ่งไม่มีคำตอบไว้อย่างชัดเจน ว่าเป็นจริง ซึ่งอาจจะแสดงออกได้ด้วยการพยักหน้า หรือ พูดว่า “เห็นด้วย” เป็นต้น
- สรุปผลจากการคิด (Draw Conclusion : Dr) คือระบุผลหรือคำตอบที่ได้จากการคิดในแต่ละครั้งด้วยคำพูดที่ชัดเจนเพื่อความเข้าใจตรงกัน



เลข ที่	ชื่อ	ความถี่ของพฤติกรรมที่ปรากฏในทุก 5 นาที ในช่วง 150 นาที										พฤติกรรมอื่นๆ ที่ปรากฏขณะ ทำกิจกรรม	หมายเหตุ รหัส	
		Fu	Fx	Er	Or	Oq	Ep	En	Ag	Re	Co			
24														

ผู้สังเกต ..... วันที่...../...../.....  
( ) ตำแหน่ง.....

### รายละเอียดในการสังเกตพฤติกรรมการคิดสร้างสรรค์

พฤติกรรมที่สังเกตประกอบด้วย 10 พฤติกรรม ดังนี้

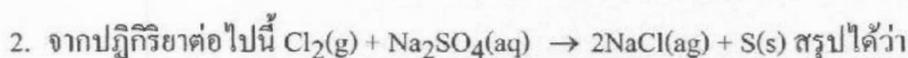
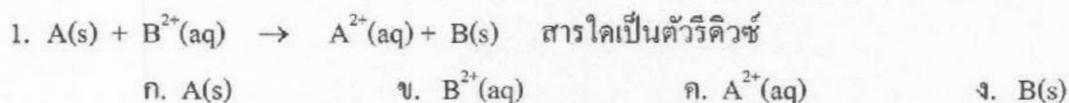
1. ตอบคำถามได้คล่องแคล่วรวดเร็ว (Fluency : Fu) คือตอบทันทีที่ครูถามและเป็นคำตอบที่ถูกต้องเป็นไปได้
2. ตอบคำถามได้หลากหลาย (Flexibility : Fx) คือตอบได้อย่างน้อย 3 คำตอบ และจัดประเภทของคำตอบได้อย่างน้อย 3 ประเภท
3. อธิบายสิ่งที่คิดได้ละเอียด (Elaboration : Er) คืออธิบายหรือขยายความขั้นตอนการคิด หรือสิ่งที่คิดให้ผู้อื่นเข้าใจได้
4. ตอบคำถามได้ต่างจากผู้อื่น (Originality : Or) คือตอบไม่เหมือนใคร และเป็นคำตอบที่สร้างสรรค์ในเชิงบวก
5. ถามคำถามที่แปลกใหม่ (Originality : Op) คือถามให้ชวนคิด ชวนสงสัยหรือชวนให้ศึกษาค้นคว้าหาคำตอบเพิ่มเติม หรือถามเพื่อให้เกิดการสร้างงานใหม่ หรือถามในลักษณะของการตั้งสมมติฐาน
6. ร่วมเสนอความคิด (Expression : Ex) คือร่วมพูด อภิปราย แสดงความคิดเห็นเมื่อถูกถาม หรือเมื่อร่วมงานกับกลุ่มเพื่อน
7. กระตุ้นให้ผู้อื่นนำเสนอความคิด (Encouragement : En) คือชวนเพื่อนคนอื่นๆ ให้พูด อภิปราย แสดงความคิดเห็น เช่น พูดว่า “ว่าต่อไปสิ มีอะไรอีกไหม” เป็นต้น
8. ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น (Agreement : Ag) คือพยักหน้าหรือพูดให้กำลังใจ หรือเสริมแรงผู้อื่นให้แสดงความคิดเห็น เช่น พูดว่า “ใช่ ดี ถูกแล้ว” เป็นต้น
9. ทบทวนคำตอบที่คิดได้ (Review : Re) คือเปลี่ยน ปรับ เพิ่ม หรือแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมคำตอบที่ดีที่สุด
10. สรุปผลของการคิด (Conclusion : Co) คือพูด หรือตกลงเพื่อสรุปผลของการคิดที่ได้เป็นคำตอบของตนเอง ซึ่งเป็นการสร้างงานใหม่

ภาคผนวก ง  
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี**  
**เรื่อง ไฟฟ้าเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบเป็นแบบปรนัย มีจำนวน 30 ข้อ เวลาทำแบบทดสอบ 50 นาที
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงข้อที่เห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวใน กระดาษคำตอบ
3. ให้คืนข้อสอบทุกฉบับ



- ก. โซเดียมซัลไฟด์เป็นตัวออกซิไดส์
- ข. ซัลไฟด์ไอออนถูกรีดิวซ์เป็นกำมะถัน
- ค. คลอรีนเป็นตัวออกซิไดส์ที่แรงกว่ากำมะถัน
- ง. ค่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานของคลอรีนน้อยกว่ากำมะถัน

3. อโลหะ X, Y, Z มีความสัมพันธ์กันตามปฏิกิริยา

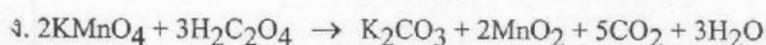
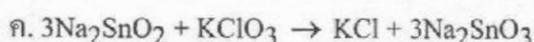
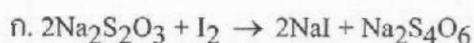


จากการเรียงไอออนข้างล่างนี้การเรียงแบบใดที่บอกถึงแนวโน้มในการสูญเสีย

อิเล็กตรอนจากง่ายไปหายาก

- ก.  $Z^-, X^-, Y^-$                       ข.  $X^-, Z^-, Y^-$                       ค.  $Y^-, Z^-, X^-$                       ง.  $Z^-, Y^-, X^-$

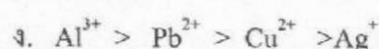
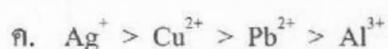
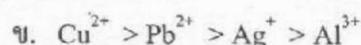
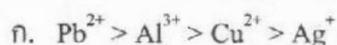
4. ในปฏิกิริยารีดอกซ์ต่อไปนี้ ปฏิกิริยาใดที่ตัวรีดิวซ์มีการเปลี่ยนค่าออกซิเดชันนับเบอร์จาก +3 เป็น +4



5. เมื่อจุ่มโลหะลงในสารละลาย ได้ผลดังตาราง

โลหะ	สารละลาย (ความเข้มข้น 1 mol/dm <sup>3</sup> )	ผลการทดลอง
Pb	CuSO <sub>4</sub>	สีของสารละลายจางลง
Al	CuSO <sub>4</sub>	สีของสารละลายจางลง
Al	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	มีโลหะเกาะที่ผิว Al
Cu	AgNO <sub>3</sub>	มีโลหะเกาะที่ผิว Cu

การเรียงลำดับความสามารถในการเป็นตัวออกซิไดส์ของไอออนโลหะจากมากไปน้อย ข้อใดถูก



6. จงพิจารณาข้อมูลในตารางต่อไปนี้

การทดลองที่	สารที่ใช้	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	
		ก่อนเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟด์	หลังเติมสารละลายโซเดียมซัลไฟด์
1	คอปเปอร์ (II) ซัลเฟต	สารละลายสีฟ้า	ได้ตะกอนหนักสีดำ
2	ซิงค์ซัลเฟต	สารละลายไม่มี	ได้ตะกอนหนักสีดำ
3	คอปเปอร์ (II) ซัลเฟตที่มีแผ่นสังกะสีจุ่มอยู่	สีฟ้าของสารละลายจางลงมีคราบโลหะสีน้ำตาลแดงจับบนแผ่นสังกะสีตั้งทิ้งไว้ 1 ชม. ได้ตะกอนเบา สีขาว	เมื่อเริ่มทดลองได้ตะกอนสีดำสีของตะกอนค่อยๆ เปลี่ยนจากดำเป็นขาว
4	ซิงค์ซัลเฟตที่มีแผ่นทองแดงจุ่มอยู่	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้	ได้ตะกอนเบาสีขาว

การทำนายสมบัติของโลหะทองแดงและสังกะสี ข้อใดผิด

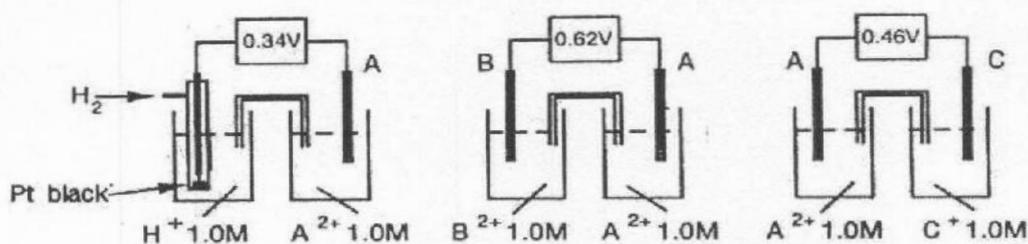
ก. ทองแดงจะช่วยป้องกันการสึกกร่อนของสังกะสีได้

ข. ถ้าจุ่มสังกะสีหรือทองแดงลงในสารละลายโซเดียมซัลไฟด์จะไม่มีอะไรเกิดขึ้น

ค. ทองแดงเป็นตัวออกซิไดส์ที่ดีกว่าสังกะสี

ง. ตะกอนที่ได้เป็นตะกอนซัลไฟด์ของทองแดงและสังกะสี

7. จากแผนภาพเซลล์ไฟฟ้าต่อไปนี้จงตอบคำถาม



ข้อใดสอดคล้องกับแผนภาพ

- ก. ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานของ B มีค่า 0.28 โวลต์  
 ข. ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานของ C มีค่ามากกว่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานของ B  
 ค. ศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานของ A มีค่ามากกว่าศักย์ไฟฟ้าครึ่งเซลล์มาตรฐานของ C  
 ง. ครึ่งเซลล์  $A/A^{2+}$  เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน เมื่อต่อกันครึ่งเซลล์  $B/B^{2+}$

8. กำหนด  $E^\circ$  ให้ดังนี้

ปฏิกิริยา	$E^\circ$ (โวลต์)
$A^+(aq) + e^- \rightarrow A(s)$	-0.14
$B^+(aq) + e^- \rightarrow B(s)$	-0.40
$C^+(aq) + e^- \rightarrow C(s)$	-0.74
$D^+(aq) + e^- \rightarrow D(s)$	-1.18

ปฏิกิริยาใดสามารถเกิดขึ้นเองได้จริงตามธรรมชาติ

- ก.  $A(s) + B^+(aq) \rightarrow B(s) + A^+(aq)$     ข.  $C(s) + A^+(aq) \rightarrow A(s) + C^+(aq)$   
 ค.  $B(s) + D^+(aq) \rightarrow D(s) + B^+(aq)$     ง.  $B(s) + C^+(aq) \rightarrow C(s) + B^+(aq)$

9. กำหนดข้อมูล

กำหนดให้	$E^\circ$ (V)
$A^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow A(s)$	-2.70
$B^+(aq) + e^- \rightarrow B(s)$	-1.70

$C^{3+}(aq) + 3e^- \rightarrow C(s)$	+1.50
$D^{2+}(aq) + 2e^- \rightarrow D(s)$	+1.75

พิจารณาแผนภาพเซลล์ต่อไปนี้

เซลล์ที่ 1	$A(s) / A^{2+}(aq) // B^+(aq) / B(s)$
เซลล์ที่ 2	$C(s) / C^{3+}(aq) // B^+(aq) / B(s)$
เซลล์ที่ 3	$D(s) / D^{2+}(aq) // C^{3+}(aq) / C(s)$
เซลล์ที่ 4	$A(s) / A^{2+}(aq) // D^{2+}(aq) / D(s)$

เซลล์ใดจะมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากแอโนดไปยังแคโทด

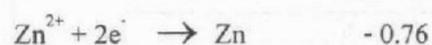
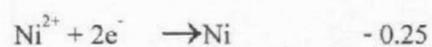
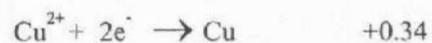
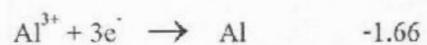
ก. เซลล์ที่ 1 และเซลล์ที่ 2

ข. เซลล์ที่ 2 และเซลล์ที่ 3

ค. เซลล์ที่ 3 และเซลล์ที่ 4

ง. เซลล์ที่ 1 และเซลล์ที่ 4

10. กำหนดให้  $E^0(V)$



การศึกษาการผุกร่อนของโลหะโดยใช้แถบโลหะ A พันแท่งโลหะ B ผลการทดลองข้อ

ใดถูกต้อง

ข้อ	โลหะ A	โลหะ B	โลหะที่ผุกร่อน
ก.	Zn	Fe	Zn
ข.	Cu	Ni	Cu
ค.	Ni	Cr	Ni
ง.	Cr	Al	Cr

11. กำหนด เซลล์ 1 คือ  $\text{Sn}/\text{Sn}^{2+} // \text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$   $E^\circ_{\text{cell}} = +0.48 \text{ V}$

เซลล์ 2 คือ  $\text{Mg}/\text{Mg}^{2+} // \text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$   $E^\circ_{\text{cell}} = +2.23 \text{ V}$

เมื่อนำครึ่งเซลล์ของ  $\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}$  มาต่อกับครึ่งเซลล์ของ  $\text{Mg}/\text{Mg}^{2+}$  ข้อใดถูก

ก. ขั้ว Cu เป็นแคโทดและ  $E^\circ_{\text{cell}} = +2.71 \text{ V}$

ข. ขั้ว Cu เป็นแคโทดและ  $E^\circ_{\text{cell}} = +1.75 \text{ V}$

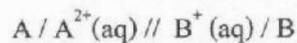
ค. ขั้ว Mg เป็นแคโทดและ  $E^\circ_{\text{cell}} = +2.71 \text{ V}$

ง. ขั้ว Mg เป็นแคโทดและ  $E^\circ_{\text{cell}} = +1.75 \text{ V}$

12. จากปฏิกิริยาคึ่งเซลล์รีดักชัน และค่า  $E^\circ$  ต่อไปนี้



ถ้าไอออนมีความเข้มข้น  $1.00 \text{ mol/dm}^3$  และสามารถเขียนแผนภาพเซลล์ได้ดังนี้



ข้อความใดผิด

ก. อิเล็กตรอนจะวิ่งจากขั้ว B ผ่านวงจรภายนอกไปยังขั้ว A

ข. ศักย์ไฟฟ้าของเซลล์ = 1.2 V

ค. ถ้าต่อขั้ว A และขั้ว B เข้ากับโวลต์มิเตอร์ เข็มจะเบนไปทาง B

ง. ปฏิกิริยาตามแผนภาพเซลล์จะเกิดขึ้นได้เอง

13. ในการอิเล็กโทรลิซิสสารละลายโซเดียมซัลเฟต อัตราส่วนปริมาตรของแก๊สที่แอโนดและแคโทดเป็นเท่าใด

ก. 1:1

ข. 1:2

ค. 2:1

ง. 1:8

14. หลักการใดที่ถูกต้องในการชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้า

ก. สิ่งที่จะชุบต้องเป็นขั้วบวก

ข. จะชุบด้วยโลหะอะไรใช้โลหะนั้นเป็นขั้วลบ

ค. อิเล็กโทรไลต์จะต้องเป็นไอออนของโลหะชนิดเดียวกัน โลหะที่จะใช้ชุบ

ง. การชุบโลหะด้วยกระแสไฟฟ้าต้องใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ



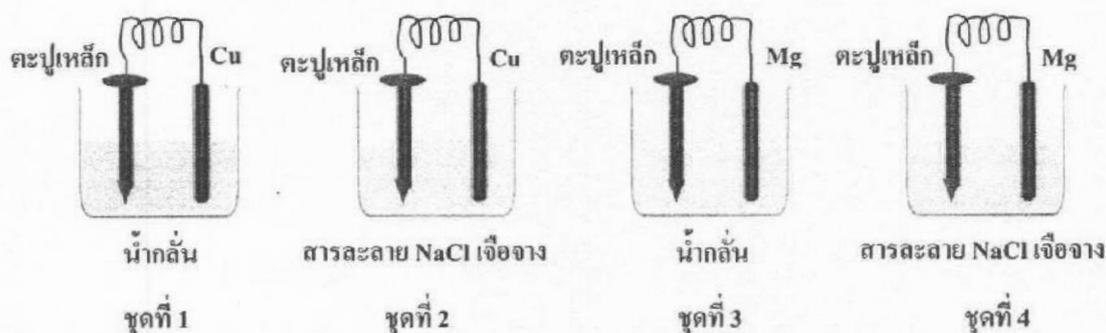


22. ข้อใดเกิดการผุกร่อนของตะปูเหล็กน้อยที่สุด

- ก. ตะปูที่วางไว้ในอากาศ  
ข. ตะปูที่ต่อกับขั้วลบของสายไฟลาย  
ค. ตะปูที่ต่อกับขั้วคิงก  
ง. ตะปูที่นำไปผ่านการอะโนไดซ์

จงพิจารณาการทดลองต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 23 – 24

การทดลองนำตะปู โลหะทองแดง และลวดแมกนีเซียม มาต่อดังรูป 4 ชุด ต่อไปนี้



23. จากการทดลองด้านบนตะปูเหล็กในแต่ละชุดการทดลองใดที่เกิดการเปลี่ยนแปลงหรือมีการผุกร่อน

- ก. ชุดที่ 1, 3                      ข. ชุดที่ 1, 4                      ค. ชุดที่ 4, 3                      ง. ชุดที่ 2, 4

24. จากการทดลองด้านบนจงเรียงลำดับการเกิดสนิมของตะปูที่เกิดสนิมเร็วไปช้าได้ถูกต้อง

- ก. ชุดที่ 1, 2, 3, 4                      ข. ชุดที่ 2, 4, 1, 3  
ค. ชุดที่ 4, 2, 3, 1                      ง. ชุดที่ 4, 3, 2,

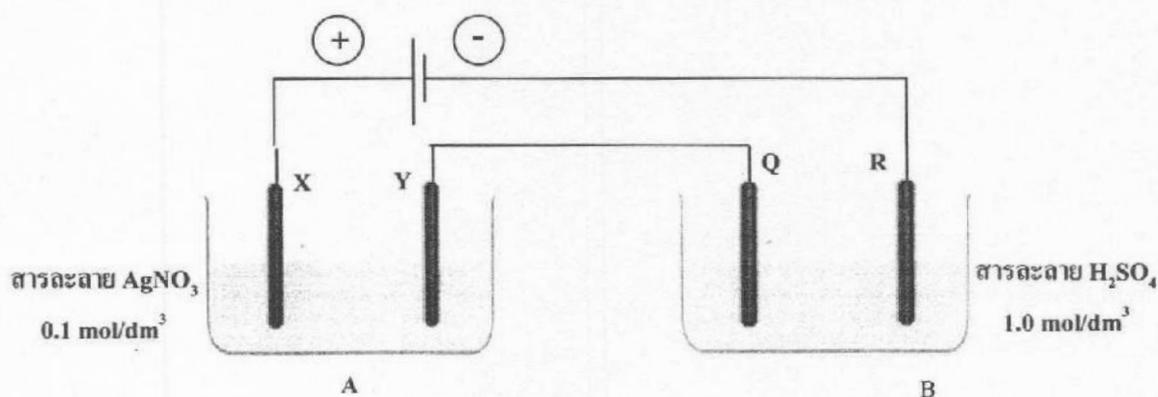
25. เซลล์กานไฟลายมีอิเล็กโทรไลต์เป็นของผสมระหว่าง  $\text{NH}_4\text{Cl}$  (ขี้น),  $\text{ZnCl}_2$  และ  $\text{MnO}_2$  มีแท่งแกรไฟต์เป็นแคโทด ปฏิกิริยาที่ขั้วลบเป็นดังข้อใด

- ก.  $\text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Zn}(\text{s})$   
ข.  $2\text{MnO}_2(\text{s}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 2\text{e}^- \longrightarrow \text{Mn}_2\text{O}_3(\text{s}) + 2\text{OH}^-(\text{aq})$   
ค.  $\text{Zn}(\text{s}) \longrightarrow \text{Zn}^{2+}(\text{aq}) + 2\text{e}^-$   
ง.  $\text{Mn}^{2+}(\text{aq}) \longrightarrow \text{Mn}^{3+}(\text{aq}) + \text{e}^-$



จงพิจารณาการทดลองต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม ข้อ 28 – 29

แผนภาพเซลล์อิเล็กโทรไลต์ที่ต่ออนุกรมกัน มีขั้ว X และ Y เป็นเงิน (Ag) ส่วนขั้ว Q และ R เป็นทองแดง (Cu) ดังรูป



เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า 0.45 แอมแปร์ เป็นเวลา 30 นาที จะได้สารที่ขั้ว Yหนัก 0.906 กรัม มีแก๊สเกิดขึ้นรอบๆ ขั้วไฟฟ้า R เมื่อเริ่มแรกจะเห็นการเปลี่ยนแปลงรอบๆ ขั้วไฟฟ้า Q แต่เมื่อผ่านไปช่วงระยะเวลาหนึ่งสารละลายรอบๆ ขั้ว Q จะมีสีฟ้า

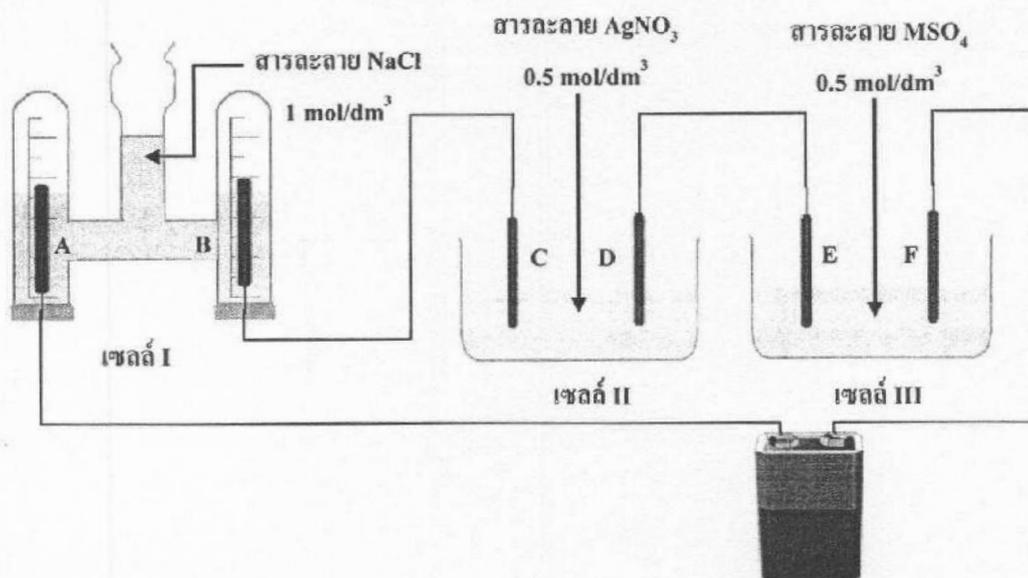
28. ขั้วไฟฟ้า X, Y, R และ Q ใดเป็นทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนดและแคโทด

- ก. แอโนด = Y, R      แคโทด = X, Q  
 ข. แอโนด = X, Q      แคโทด = Y, R  
 ค. แอโนด = Y, Q      แคโทด = X, R  
 ง. แอโนด = H<sub>2</sub>O      แคโทด = SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>

29. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นที่แต่ละขั้วไฟฟ้า

- |    |                           |                           |
|----|---------------------------|---------------------------|
| ก. | X เกิดแก๊ส O <sub>2</sub> | Y เกิดตะกอนเงิน           |
|    | Q เกิดแก๊ส O <sub>2</sub> | R เกิดแก๊ส H <sub>2</sub> |
| ข. | X เกิดแก๊ส O <sub>2</sub> | Y เกิดแก๊ส H <sub>2</sub> |
|    | Q เกิดแก๊ส O <sub>2</sub> | R เกิดตะกอนเงิน           |
| ค. | X เกิดแก๊ส O <sub>2</sub> | Y เกิดตะกอนเงิน           |
|    | Q เกิดแก๊ส H <sub>2</sub> | R เกิดแก๊ส O <sub>2</sub> |
| ง. | X เกิดตะกอนเงิน           | Y เกิดแก๊ส O <sub>2</sub> |
|    | Q เกิดแก๊ส O <sub>2</sub> | R เกิดแก๊ส H <sub>2</sub> |

30. ขั้วไฟฟ้า F ทำจากโลหะ M ขั้วไฟฟ้า A, B, C, D และ E ทำจากแพลทินัม P และ Q เป็นขั้วไฟฟ้าของแบตเตอรี่ เมื่อทำอิเล็กโทรลิซิสจะได้โลหะ M เริ่มจากที่ขั้วไฟฟ้า E



ข้อใดระบุขั้วไฟฟ้าบวกและลบของขั้วไฟฟ้าได้ถูกต้อง

- |    |         |         |         |
|----|---------|---------|---------|
| ก. | A = บวก | B = ลบ  | C = ลบ  |
|    | D = ลบ  | E = บวก | F = ลบ  |
| ข. | A = ลบ  | B = บวก | C = ลบ  |
|    | D = บวก | E = ลบ  | F = บวก |
| ค. | A = ลบ  | B = บวก | C = ลบ  |
|    | D = ลบ  | E = บวก | F = บวก |
| ง. | A = ลบ  | B = ลบ  | C = ลบ  |
|    | D = บวก | E = บวก | F = บวก |

ภาคผนวก จ  
แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้  
ด้วยแผนจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์  
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี วิชเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4

**แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้  
แบบโครงการวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี  
กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4**

**คำชี้แจง**

1. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยแผนจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้เป็นแบบประเมินที่ต้องการ ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/4 ที่เรียนโดยใช้แผนจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. วิธีตอบแบบสอบถามให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย  $\checkmark$  ลงในช่องที่ตรงกับระดับ ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้ด้วยด้วยแผนจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในแต่ละประเด็น โดยมีระดับ ความพึงพอใจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคอร์ท (Likert) 5 ระดับ ดังนี้
  - ระดับคะแนน 5 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด
  - ระดับคะแนน 4 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมมาก
  - ระดับคะแนน 3 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมปานกลาง
  - ระดับคะแนน 2 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมน้อย
  - ระดับคะแนน 1 หมายถึง มีความพึงพอใจอยู่ในระดับเหมาะสมน้อยที่สุด
3. กรุณาวิจารณ์และให้ความคิดเห็นสำหรับเป็นแนวทางในการปรับปรุงแบบด้วยแผนจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เรื่อง ไฟฟ้าเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นี้ ให้ดียิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

(นางสาวอารีรัตน์ มัญญา)

นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

รายการประเมิน	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด
	5	4	3	2	1
<b>1. ด้านสาระการเรียนรู้</b>					
1.1 เนื้อหามีความน่าสนใจ					
1.2 เนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย					
1.3 ช่วยให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจ ในเรื่องที่เรียนได้มากขึ้น					
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
2.1 นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน					
2.2 นักเรียนมีโอกาสศึกษาความรู้ ได้ด้วยตัวเอง					
2.3 เวลาที่ใช้ ในการเรียนรู้จากชุดการเรียนแต่ละชุดมีความเหมาะสม					
2.4 ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น					
<b>3. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>					
3.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย					
3.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง					
3.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน					
<b>4. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการ เรียนรู้</b>					
4.1 สื่อมีความน่าสนใจทำให้สนุกในการเรียน					
4.2 เอกสาร ขนาดตัวอักษรเหมาะสมสะดวกต่อการนำไปใช้					
4.3 รูปภาพเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง					
4.4 นักเรียนได้รับประโยชน์จากเรื่องที่อ่าน					
4.5 นำความรู้ที่ได้จากการอ่าน ไปประยุกต์ใช้กับตนเอง					

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ฉ  
คุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง  
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี วิชาเคมี

ตารางที่ ๑.1 ผลการหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิด  
การทดลองแบบเดี่ยว : 3 คน

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน			รวม	คะแนน หลังเรียน
	แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี				
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3		
	30 คะแนน	30 คะแนน	30 คะแนน		
1	28	27	28	83	29
2	22	21	21	64	24
3	18	19	17	54	20
รวม	68	67	66	201	73
ค่าเฉลี่ย	22.67	22.33	22.00	67.00	24.33
S.D.	5.03	4.16	5.57	4.30	4.51
ร้อยละ	75.56	74.44	73.33	74.44	81.11

ตารางที่ ๑.2 ผลการหาประสิทธิภาพแผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิด  
การทดลองแบบเดี่ยว : 9 คน

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน			รวม	คะแนน หลังเรียน
	แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี				
	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3		
	30 คะแนน	30 คะแนน	30 คะแนน		
1	27	26	27	80	28
2	26	27	25	78	27
3	27	28	22	77	29
4	18	19	17	54	25
5	17	15	18	50	22
6	18	18	19	55	24
7	15	16	15	46	20
8	16	12	13	41	19
9	14	13	14	41	18
<b>รวม</b>	<b>164</b>	<b>161</b>	<b>156</b>	<b>481</b>	<b>194</b>
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	20.50	20.13	19.50	60.13	24.25
<b>S.D.</b>	5.21	6.08	4.84	15.72	3.69
<b>ร้อยละ</b>	68.33	67.08	65.00	66.81	80.83

ตารางที่ ๓.3 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาทักษะการคิด การทดลองกลุ่มตัวอย่าง

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน						รวม	คะแนนหลังเรียน
	แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี							
	1		2		3			
	30	30	30	30	30	30		
1	11	25	21	24	14	27	122	23
2	17	25	16	28	15	24	125	24
3	12	26	18	24	16	26	122	24
4	17	26	18	27	17	26	131	25
5	12	24	12	26	21	28	123	26
6	10	24	14	24	16	27	115	24
7	10	27	18	26	18	26	125	23
8	5	25	15	28	18	25	116	17
9	7	28	11	27	19	25	117	24
10	7	24	17	25	15	24	112	26
11	8	25	15	26	18	25	117	25
12	8	26	18	24	18	29	123	26
13	10	24	15	24	11	20	104	26
14	14	29	18	24	17	22	124	27
15	7	24	19	28	12	22	112	24
16	8	24	21	29	17	26	125	20
17	15	28	21	26	12	23	125	26
18	17	29	21	27	10	26	130	23
19	6	26	24	26	10	25	117	25
20	5	25	13	29	5	21	98	25
21	5	26	16	28	7	25	107	26
22	12	24	18	26	7	27	114	26
23	8	23	14	24	8	29	106	24
24	8	26	19	26	8	27	114	24
<b>รวม</b>	<b>239</b>	<b>613</b>	<b>412</b>	<b>626</b>	<b>329</b>	<b>605</b>	<b>2824</b>	<b>583</b>
<b>ค่าเฉลี่ย</b>	9.96	25.54	17.17	26.08	13.71	25.21	117.67	24.29
<b>S.D.</b>	3.84	1.67	3.20	1.69	4.53	2.34	8.35	2.16
<b>ร้อยละ</b>	33.19	85.14	57.22	86.94	45.69	84.03	65.37	80.97

ภาคผนวก ข

การหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การหาประสิทธิภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี

ตารางที่ ข.1 ค่าความเที่ยงโดยผู้เชี่ยวชาญด้านวิชาเคมี 3 ท่าน ใช้สูตรดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

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

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ค่าดัชนี ความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
23	1	1	1	1	ใช้ได้
24	0	1	1	0.67	ใช้ได้
25	1	1	1	1	ใช้ได้
26	0	1	1	0.67	ใช้ได้
27	0	1	1	0.67	ใช้ได้
28	1	1	1	1	ใช้ได้
29	1	1	0	0.67	ใช้ได้
30	1	1	0	0.67	ใช้ได้
31	1	1	0	0.67	ใช้ได้
32	1	1	0	0.67	ใช้ได้
33	1	1	1	1	ใช้ได้
34	1	1	1	1	ใช้ได้
55	1	1	1	1	ใช้ได้
36	1	1	1	1	ใช้ได้
37	1	1	1	1	ใช้ได้
38	1	1	1	1	ใช้ได้
39	1	1	1	1	ใช้ได้
40	1	1	-1	0.33	ใช้ไม่ได้
41	0	1	1	0.67	ใช้ได้
42	1	1	1	1	ใช้ได้
43	0	1	1	0.67	ใช้ได้
44	0	1	1	0.67	ใช้ได้
45	1	1	1	1	ใช้ได้
46	1	1	0	0.67	ใช้ได้
47	1	1	0	0.67	ใช้ได้
48	1	1	0	0.67	ใช้ได้
49	1	1	0	0.67	ใช้ได้

ข้อที่	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 1	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 2	ผู้เชี่ยวชาญ คนที่ 3	ค่าดัชนี ความสอดคล้อง (IOC)	สรุปผล
50	1	1	1	1	ใช้ได้
51	1	1	1	1	ใช้ได้
52	0	1	1	0.67	ใช้ได้
53	1	1	1	1	ใช้ได้
54	0	1	1	0.67	ใช้ได้
55	0	1	1	0.67	ใช้ได้
56	1	1	1	1	ใช้ได้
57	1	1	0	0.67	ใช้ได้
58	1	1	0	0.67	ใช้ได้
59	1	1	0	0.67	ใช้ได้
60	1	1	0	0.67	ใช้ได้

การวิเคราะห์ ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจการจำแนก ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องไฟฟ้าเคมี จำนวน 60 ข้อ

ตารางที่ ข.2 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของข้อสอบแบบอิงกลุ่ม

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
1	0.57	ใช้ได้	0.43 *	0.0166	ใช้ได้	ใช้ได้
2	0.80	ใช้ได้	0.47 *	0.0080	ใช้ได้	ใช้ได้
3	0.30	ใช้ได้	0.34	0.0699	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
4	0.73	ใช้ได้	0.50 *	0.0053	ใช้ได้	ใช้ได้
5	0.57	ใช้ได้	0.48 *	0.0078	ใช้ได้	ใช้ได้
6	0.47	ใช้ได้	0.64 *	0.0001	ใช้ได้	ใช้ได้
7	0.83	ทิ้ง	0.49 *	0.0066	ใช้ได้	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
8	0.57	ใช้ได้	0.69 *	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
9	0.53	ใช้ได้	0.49 *	0.0061	ใช้ได้	ใช้ได้
10	0.37	ใช้ได้	0.62 *	0.0003	ใช้ได้	ใช้ได้
11	0.43	ใช้ได้	0.50 *	0.0054	ใช้ได้	ใช้ได้
12	0.47	ใช้ได้	0.42 *	0.0217	ใช้ได้	ใช้ได้
13	0.53	ใช้ได้	0.50 *	0.0050	ใช้ได้	ใช้ได้
14	0.53	ใช้ได้	0.59 *	0.0005	ใช้ได้	ใช้ได้
15	0.53	ใช้ได้	0.36	0.0518	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
16	0.47	ใช้ได้	0.50 *	0.0053	ใช้ได้	ใช้ได้
17	0.53	ใช้ได้	0.48 *	0.0075	ใช้ได้	ใช้ได้
18	0.60	ใช้ได้	0.58 *	0.0007	ใช้ได้	ใช้ได้
19	0.40	ใช้ได้	0.44 *	0.0153	ใช้ได้	ใช้ได้
20	0.67	ใช้ได้	0.15	0.4265	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
21	0.27	ใช้ได้	0.16	0.3998	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
22	0.70	ใช้ได้	0.59 *	0.0007	ใช้ได้	ใช้ได้
23	0.43	ใช้ได้	0.37 *	0.0447	ใช้ได้	ใช้ได้

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
24	0.43	ใช้ได้	0.42 *	0.0203	ใช้ได้	ใช้ได้
25	0.63	ใช้ได้	0.52 *	0.0031	ใช้ได้	ใช้ได้
26	0.50	ใช้ได้	0.29	0.1188	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
27	0.23	ใช้ได้	0.35	0.0605	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
28	0.33	ใช้ได้	0.53 *	0.0024	ใช้ได้	ใช้ได้
29	0.53	ใช้ได้	0.49 *	0.0055	ใช้ได้	ใช้ได้
30	0.60	ใช้ได้	0.43 *	0.0167	ใช้ได้	ใช้ได้
31	0.27	ใช้ได้	0.40 *	0.0294	ใช้ได้	ใช้ได้
32	0.27	ใช้ได้	0.68 *	0.0000	ใช้ได้	ใช้ได้
33	0.33	ใช้ได้	0.50 *	0.0049	ใช้ได้	ใช้ได้
34	0.33	ใช้ได้	0.43 *	0.0184	ใช้ได้	ใช้ได้
35	0.37	ใช้ได้	0.50 *	0.0052	ใช้ได้	ใช้ได้
36	0.33	ใช้ได้	0.52 *	0.0031	ใช้ได้	ใช้ได้
37	0.60	ใช้ได้	0.54 *	0.0023	ใช้ได้	ใช้ได้
38	0.50	ใช้ได้	0.43 *	0.0190	ใช้ได้	ใช้ได้
39	0.40	ใช้ได้	0.36 *	0.0476	ใช้ได้	ใช้ได้
40	0.50	ใช้ได้	0.16	0.4060	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
41	0.70	ใช้ได้	0.56 *	0.0012	ใช้ได้	ใช้ได้
42	0.57	ใช้ได้	0.32	0.0862	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
43	0.70	ใช้ได้	0.58 *	0.0008	ใช้ได้	ใช้ได้
44	0.17	ทิ้ง	0.16	0.4091	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
45	0.57	ใช้ได้	0.40 *	0.0275	ใช้ได้	ใช้ได้
46	0.37	ใช้ได้	0.38 *	0.0394	ใช้ได้	ใช้ได้
47	0.43	ใช้ได้	0.37 *	0.0415	ใช้ได้	ใช้ได้
48	0.40	ใช้ได้	0.49 *	0.0064	ใช้ได้	ใช้ได้
49	0.37	ใช้ได้	0.28	0.1317	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
50	0.47	ใช้ได้	0.45 *	0.0129	ใช้ได้	ใช้ได้

ข้อที่	ความยาก	แปลผล	อำนาจจำแนก	Sig.	แปลผล	แปลผลคุณภาพของข้อสอบ
51	0.67	ใช้ได้	0.49 *	0.0059	ใช้ได้	ใช้ได้
52	0.60	ใช้ได้	0.25	0.1853	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
53	0.73	ใช้ได้	0.52 *	0.0033	ใช้ได้	ใช้ได้
54	0.17	ทิ้ง	0.16	0.4091	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
55	0.57	ใช้ได้	0.40 *	0.0275	ใช้ได้	ใช้ได้
56	0.37	ใช้ได้	0.38 *	0.0394	ใช้ได้	ใช้ได้
57	0.47	ใช้ได้	0.30	0.1099	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
58	0.43	ใช้ได้	0.41 *	0.0261	ใช้ได้	ใช้ได้
59	0.50	ใช้ได้	0.30	0.1121	ทิ้ง	ปรับปรุงหรือตัดทิ้ง
60	0.47	ใช้ได้	0.45 *	0.0129	ใช้ได้	ใช้ได้

#### หมายเหตุ

ค่าความยากคำนวณจากสูตร  $P=r/n$

ค่าอำนาจจำแนกคำนวณจากสูตร Item Total Correlation

ค่าความเที่ยงคำนวณด้วยสูตร Alpha - Conbach coefficient

ค่าความเที่ยง (Reliability) = 0.9373

#### สรุปผลการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงกลุ่ม

ที่	ข้อสอบ	จำนวน
1	ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์	45
2	ข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์	15
	รวม	60

ตารางที่ ข.3 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากรายข้อและค่าอำนาจจำแนกรายข้อของข้อสอบ

แบบอิงเกณฑ์

ข้อที่	B-index	แปลผล	ข้อที่	B-index	แปลผล	ข้อที่	B-index	แปลผล
1	0.46	ใช้ได้	21	0.10	ทิ้ง	41	0.43	ใช้ได้
2	0.29	ใช้ได้	22	0.43	ใช้ได้	42	0.30	ใช้ได้
3	0.37	ใช้ได้	23	0.49	ใช้ได้	43	0.43	ใช้ได้
4	0.38	ใช้ได้	24	0.49	ใช้ได้	44	0.24	ใช้ได้
5	0.46	ใช้ได้	25	0.52	ใช้ได้	45	0.46	ใช้ได้
6	0.76	ใช้ได้	26	0.40	ใช้ได้	46	0.43	ใช้ได้
7	0.24	ใช้ได้	27	0.30	ใช้ได้	47	0.49	ใช้ได้
8	0.62	ใช้ได้	28	0.48	ใช้ได้	48	0.38	ใช้ได้
9	0.51	ใช้ได้	29	0.35	ใช้ได้	49	0.27	ใช้ได้
10	0.75	ใช้ได้	30	0.41	ใช้ได้	50	0.29	ใช้ได้
11	0.49	ใช้ได้	31	0.41	ใช้ได้	51	0.32	ใช้ได้
12	0.44	ใช้ได้	32	0.57	ใช้ได้	52	0.25	ใช้ได้
13	0.67	ใช้ได้	33	0.48	ใช้ได้	53	0.38	ใช้ได้
14	0.67	ใช้ได้	34	0.48	ใช้ได้	54	0.24	ใช้ได้
15	0.35	ใช้ได้	35	0.43	ใช้ได้	55	0.46	ใช้ได้
16	0.29	ใช้ได้	36	0.48	ใช้ได้	56	0.43	ใช้ได้
17	0.51	ใช้ได้	37	0.41	ใช้ได้	57	0.44	ใช้ได้
18	0.57	ใช้ได้	38	0.40	ใช้ได้	58	0.33	ใช้ได้
19	0.54	ใช้ได้	39	0.08	ทิ้ง	59	0.24	ใช้ได้
20	0.16	ทิ้ง	40	0.38	ใช้ได้	60	0.29	ใช้ได้

หมายเหตุ

B-index  $\geq$  0.2 หมายถึง ใช้ได้B-index  $<$  0.2 หมายถึง ทิ้ง

## สรุปผลการวิเคราะห์ข้อสอบแบบอิงเกณฑ์

ที่	ข้อสอบ	จำนวน
1	ข้อสอบที่ผ่านเกณฑ์	57
2	ข้อสอบที่ไม่ผ่านเกณฑ์	3
รวม		60

ภาคผนวก ข  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ ข.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องไฟฟ้าเคมี

เลขที่	แบบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้า เคมี		%pre	%post	%post - % pre	100 - % pre	(g)
	ก่อน	หลัง					
	30 คะแนน	30 คะแนน					
1	11	28	36.67	93.33	56.67	63.33	0.89
2	17	28	56.67	93.33	36.67	43.33	0.85
3	12	26	40.00	86.67	46.67	60.00	0.78
4	17	27	56.67	90.00	33.33	43.33	0.77
5	12	24	40.00	80.00	40.00	60.00	0.67
6	10	25	33.33	83.33	50.00	66.67	0.75
7	10	23	33.33	76.67	43.33	66.67	0.65
8	5	19	16.67	63.33	46.67	83.33	0.56
9	7	20	23.33	66.67	43.33	76.67	0.57
10	7	18	23.33	60.00	36.67	76.67	0.48
11	8	19	26.67	63.33	36.67	73.33	0.50
12	8	24	26.67	80.00	53.33	73.33	0.73
13	10	25	33.33	83.33	50.00	66.67	0.75
14	14	28	46.67	93.33	46.67	53.33	0.88
15	7	21	23.33	70.00	46.67	76.67	0.61
16	8	23	26.67	76.67	50.00	73.33	0.68
17	15	27	50.00	90.00	40.00	50.00	0.80
18	17	28	56.67	93.33	36.67	43.33	0.85
19	6	20	20.00	66.67	46.67	80.00	0.58
20	5	26	16.67	86.67	70.00	83.33	0.84
21	5	24	16.67	80.00	63.33	83.33	0.76

เลขที่	แบบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนเรื่องไฟฟ้า เคมี		%pre	%post	%post - % pre	100 - % pre	(g)
	ก่อน	หลัง					
	30 คะแนน	30 คะแนน					
22	12	27	40.00	90.00	50.00	60.00	0.83
23	8	25	26.67	83.33	56.67	73.33	0.77
24	8	26	26.67	86.67	60.00	73.33	0.82
Mean	9.96	24.21	33.19	80.69	47.50	66.81	0.72
SD	3.84	3.19	12.80	10.63	9.23	12.80	0.12
Max	17	28	56.67	93.33	70.00	83.33	0.89
Min	5	18	16.67	60.00	33.33	43.33	0.48

ภาคผนวก ฅ

ค่าความถี่ในการสังเกตพฤติกรรมบ่งชี้ทักษะการคิดขั้นสูง

ตารางที่ ๓.1 ความถี่ที่พบในการสังเกตพฤติกรรมที่พึงซึ่งทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน ตั้งแต่ก่อนเรียน

เลข ที่	ทักษะการคิด 4 ด้าน																			
	วิเคราะห์				สังเคราะห์				วิจารณ์				สร้างสรรค์							
	แขน 1 30 ครั้ง	แขน 2 30 ครั้ง	แขน 3 30 ครั้ง	เฉลี่ย	แขน 1 30 ครั้ง	แขน 2 30 ครั้ง	แขน 3 30 ครั้ง	เฉลี่ย	แขน 1 30 ครั้ง	แขน 2 30 ครั้ง	แขน 3 30 ครั้ง	เฉลี่ย	แขน 1 30 ครั้ง	แขน 2 30 ครั้ง	แขน 3 30 ครั้ง	เฉลี่ย				
1	21	24	18	21	21	21	21	21	21	21	21	21	12	15	12	13	18	18	24	20
2	21	21	24	22	18	21	18	19	19	12	18	12	12	9	15	12	12	21	24	23
3	15	15	24	18	21	21	15	19	21	21	15	19	6	12	15	11	24	21	24	23
4	18	21	24	21	21	21	18	22	21	27	18	22	9	12	12	11	21	21	21	21
5	18	12	24	18	24	24	18	21	21	18	21	21	9	15	15	13	15	21	24	20
6	12	15	24	17	21	21	15	19	21	15	21	19	9	15	15	13	15	18	24	19
7	15	15	21	17	21	21	12	18	21	12	21	18	9	9	12	10	15	21	21	19
8	9	12	18	13	21	21	9	16	18	9	18	16	6	9	6	7	18	18	24	20
9	12	18	18	16	15	15	12	16	21	12	21	16	6	15	12	11	24	21	21	22
10	12	15	21	16	21	21	12	17	18	12	18	17	9	15	9	11	24	21	21	22
11	15	18	18	17	12	12	15	15	18	15	18	15	12	12	12	12	24	21	18	21
12	15	15	21	17	21	21	18	20	21	18	21	20	9	9	9	9	21	18	18	19
13	18	18	21	19	18	18	18	19	21	18	21	19	12	6	12	10	24	24	24	24

เลข ที่	ทักษะการคิด 4 ด้าน															
	วิเคราะห์				สังเคราะห์				วิจารณ์				สร้างสรรค์			
	แผน 1 30 ครั้ง	แผน 2 30 ครั้ง	แผน 3 30 ครั้ง	เฉลี่ย	แผน 1 30 ครั้ง	แผน 2 30 ครั้ง	แผน 3 30 ครั้ง	เฉลี่ย	แผน 1 30 ครั้ง	แผน 2 30 ครั้ง	แผน 3 30 ครั้ง	เฉลี่ย	แผน 1 30 ครั้ง	แผน 2 30 ครั้ง	แผน 3 30 ครั้ง	เฉลี่ย
14	24	21	21	22	21	24	21	22	9	9	6	8	21	21	24	22
15	12	18	24	18	21	12	17	12	12	12	9	11	24	21	21	22
16	15	18	24	19	18	15	18	18	12	6	9	9	21	24	24	23
17	21	21	24	22	24	21	22	22	6	12	12	10	24	21	21	22
18	24	24	21	23	18	24	20	20	9	6	12	9	24	21	21	22
19	9	18	18	15	21	15	20	20	9	9	9	9	21	21	18	20
20	21	15	24	20	24	21	22	22	12	9	9	10	24	21	24	23
21	12	15	24	17	21	12	17	17	12	15	12	13	21	18	21	20
22	18	21	21	20	21	18	20	20	9	12	9	10	21	21	21	21
23	12	24	18	18	18	12	17	17	6	12	9	9	21	21	24	22
24	12	18	18	16	21	12	17	17	9	12	9	10	24	18	21	21

หมายเหตุ การสังเกตพฤติกรรมก่อนเรียน เก็บข้อมูลจากการพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ในรายวิชา เคมี 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553

ตารางที่ ๓.๒ ความถี่ที่พบในการสังเกตพฤติกรรมที่บ่งชี้ทักษะการคิดขั้นสูง 4 ด้าน สังเกตหลังเรียน

เลข ที่	ทักษะการคิด 4 ด้าน																
	วิเคราะห์			สังเคราะห์			วิจารณ์ญาณ			สร้างสรรค์							
	แผน 1 30 ครั้ง	แผน 2 30 ครั้ง	เฉลี่ย 30 ครั้ง	แผน 1 30 ครั้ง	แผน 2 30 ครั้ง	เฉลี่ย 30 ครั้ง	แผน 1 30 ครั้ง	แผน 2 30 ครั้ง	เฉลี่ย 30 ครั้ง	แผน 1 30 ครั้ง	แผน 2 30 ครั้ง	เฉลี่ย 30 ครั้ง					
1	24	24	27	25	24	21	21	21	22	9	15	12	12	27	27	27	27
2	21	21	24	22	21	21	21	18	20	9	18	18	15	27	24	24	25
3	21	27	24	24	24	21	21	15	20	6	15	15	12	24	24	24	24
4	27	27	24	26	21	27	18	22	22	9	12	12	11	27	24	27	26
5	18	15	24	19	24	18	21	21	21	12	15	15	14	21	24	27	24
6	15	15	24	18	21	15	21	19	19	9	15	15	13	21	24	21	22
7	15	15	21	17	21	12	21	18	18	9	12	9	10	21	21	27	23
8	9	12	24	15	24	9	18	17	17	12	12	6	10	18	24	24	22
9	12	18	18	16	18	12	21	17	17	6	15	15	12	27	21	27	25
10	12	15	21	16	21	12	18	17	17	9	15	9	11	24	21	24	23
11	12	18	18	16	18	15	18	17	17	12	18	12	14	27	21	27	25
12	15	15	21	17	21	18	21	20	20	9	12	9	10	27	21	27	25
13	18	18	24	20	24	18	21	21	21	12	15	15	14	24	24	24	24

เลข ที่	ทักษะการคิด 4 ด้าน											
	วิเคราะห์			สังเคราะห์			วิจารณ์			สร้างสรรค์		
	แผน 1	แผน 2	แผน 3	เฉลี่ย	แผน 1	แผน 2	แผน 3	เฉลี่ย	แผน 1	แผน 2	แผน 3	เฉลี่ย
	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง	30 ครั้ง
14	24	27	24	25	24	27	24	25	9	18	9	12
15	12	18	24	18	21	12	21	18	12	12	9	11
16	15	18	24	19	24	15	21	20	9	9	9	9
17	27	21	24	24	24	21	21	22	6	12	12	10
18	24	24	21	23	21	24	18	21	9	15	12	12
19	9	18	18	15	18	15	24	19	9	12	9	10
20	21	15	24	20	24	21	21	22	12	12	9	11
21	12	15	24	17	24	12	18	18	12	15	12	13
22	18	21	21	20	21	18	21	20	9	12	9	10
23	12	24	18	18	18	12	21	17	6	12	9	9
24	12	18	24	18	24	12	18	18	9	12	12	11

หมายเหตุ การสังเกตพฤติกรรมก่อนเรียน เก็บข้อมูลจากการพฤติกรรมกรรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ในรายวิชา เคมี 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2553

ภาคผนวก ฉ

คุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้  
ด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

ตารางที่ ๑๑.1 ดัชนีความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี วิชาเคมี

รายการประเมิน	ความคิดเห็นผู้เรียน			รวม	IOC	แปลผล	หมายเหตุ
	1	2	3				
<b>1. ด้านสาระการเรียนรู้</b>							
1.1 เนื้อหาที่น่าสนใจ	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
1.2 เนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
1.3 ช่วยให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจ ในเรื่องที่เรียนได้มากขึ้น	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>							
2.1 นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.2 นักเรียนมีโอกาสศึกษาความรู้ได้ด้วยตัวเอง	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.3 เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้จากชุดการเรียนรู้แต่ละชุดมีความเหมาะสม	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
2.4 ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
<b>3. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>							
3.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
3.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน	0	1	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
<b>4. ด้านการใช้สื่ออุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้</b>							
4.1 สื่อมีความน่าสนใจทำให้สนุกในการเรียน	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.2 เอกสาร ขนาดตัวอักษรเหมาะสมสะดวกต่อการนำไปใช้	1	0	1	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.3 รูปภาพเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง	1	1	0	2	0.67	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.4 นักเรียนได้รับประโยชน์จากเรื่องที่อ่าน	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้
4.5 นำความรู้ที่ได้จากการอ่านไปประยุกต์ใช้กับตนเอง	1	1	1	3	1	สอดคล้อง	นำไปทดลองใช้

ตารางที่ ๓.๒ ค่าอำนาจจำแนกของแบบสอบถามความพึงพอใจ และความเชื่อมั่นแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่อง ไฟฟ้าเคมี

ข้อที่	ค่าอำนาจจำแนก $R$	ข้อคำถามจริง
1	0.94	1
2	0.94	2
3	0.94	3
4	0.90	4
5	0.79	5
6	0.95	6
7	0.94	7
8	0.88	8
9	0.93	9
10	0.94	10
11	0.91	11
12	0.95	12
13	0.95	13
14	0.90	14
15	0.92	15

ความเชื่อมั่น ( $\alpha$ ) ทั้งฉบับ เท่ากับ .987

ภาคผนวก ก

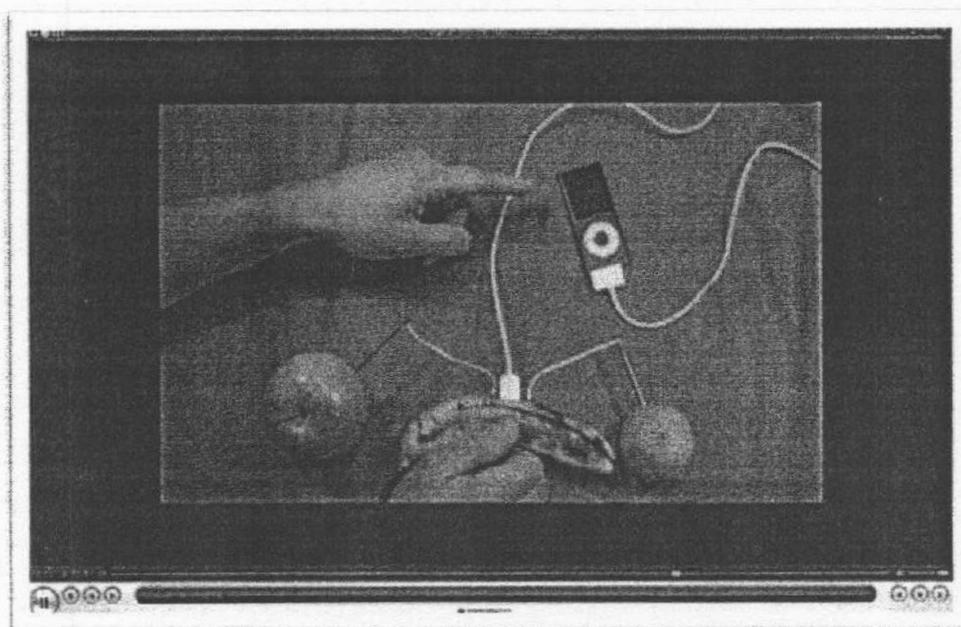
ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วย  
การเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์ เรื่องไฟฟ้าเคมี วิชาเคมี

ตารางที่ ๓.1 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานวิทยาศาสตร์  
เรื่อง ไฟฟ้าเคมี วิชาเคมี

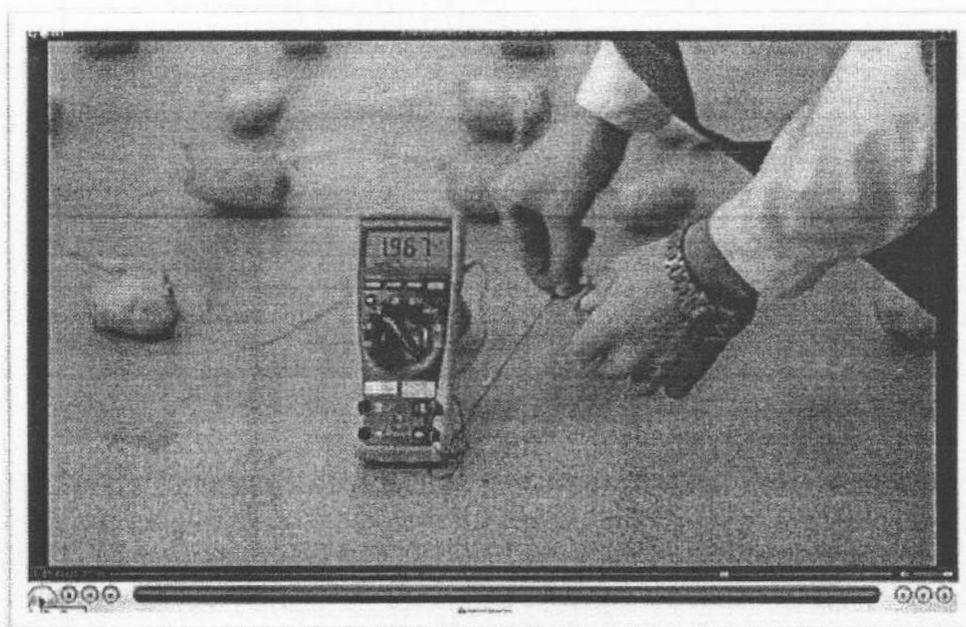
รายการแสดงความคิดเห็น	$\bar{X}$	SD	ความพึงพอใจ
<b>1. ด้านสาระการเรียนรู้</b>			
1.1 เนื้อหาที่น่าสนใจ	3.95	0.57	มาก
1.2 เนื้อหาไม่ยาก ไม่ซับซ้อน อ่านเข้าใจง่าย	4.05	0.57	มาก
1.3 ช่วยให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจในเรื่องที่เรียนได้มากขึ้น	3.92	0.59	มาก
<b>2. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>			
2.1 นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันเป็นกลุ่มมีความช่วยเหลือเกื้อกูลกัน	3.89	0.65	มาก
2.2 นักเรียนมีโอกาสศึกษาความรู้ได้ด้วยตัวเอง	3.71	0.69	มาก
2.3 เวลาที่ใช้ในการเรียนรู้จากแบบฝึกทักษะแต่ละเล่ม มีความเหมาะสม	3.76	0.75	มาก
2.4 ช่วยให้เกิดความกระตือรือร้น	3.74	0.69	มาก
<b>3. ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนรู้</b>			
3.1 มีการใช้วิธีการวัดและประเมินผลที่หลากหลาย	3.58	0.64	มาก
3.2 มีวิธีการวัดผลที่เน้นสภาพจริง	3.71	0.69	มาก
3.3 นักเรียนมีโอกาสได้ประเมินผลงานตนเองและงานของเพื่อน	3.66	0.53	มาก
<b>4. ด้านการใช้สื่อ อุปกรณ์ประกอบการเรียนรู้</b>			
4.1 สื่อมีความน่าสนใจทำให้สนุกในการเรียน	4.00	0.57	มาก
4.2 ขนาด จำนวนหน้า ตัวอักษร มีเหมาะสมสะดวกต่อการนำไปใช้	3.97	0.54	มาก
4.3 รูปภาพเหมาะสมกับเนื้อเรื่อง	4.03	0.49	มาก
4.4 นักเรียนได้รับประโยชน์จากเรื่องที่อ่าน	3.97	0.49	มาก
4.5 นำความรู้ที่ได้จากการอ่านไปประยุกต์ใช้กับตนเอง	3.97	0.49	มาก
<b>รวมเฉลี่ย</b>	<b>3.86</b>	<b>0.39</b>	<b>มาก</b>

ภาคผนวก ก  
ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้

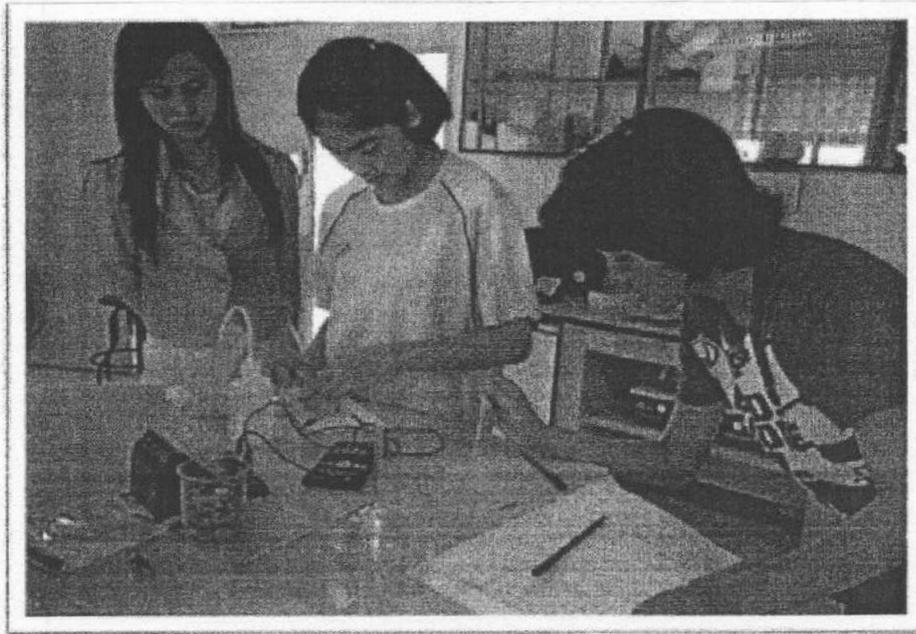
นาง ชลพร อังพรพรมมา ศึกษานิเทศก์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามุกดาหาร



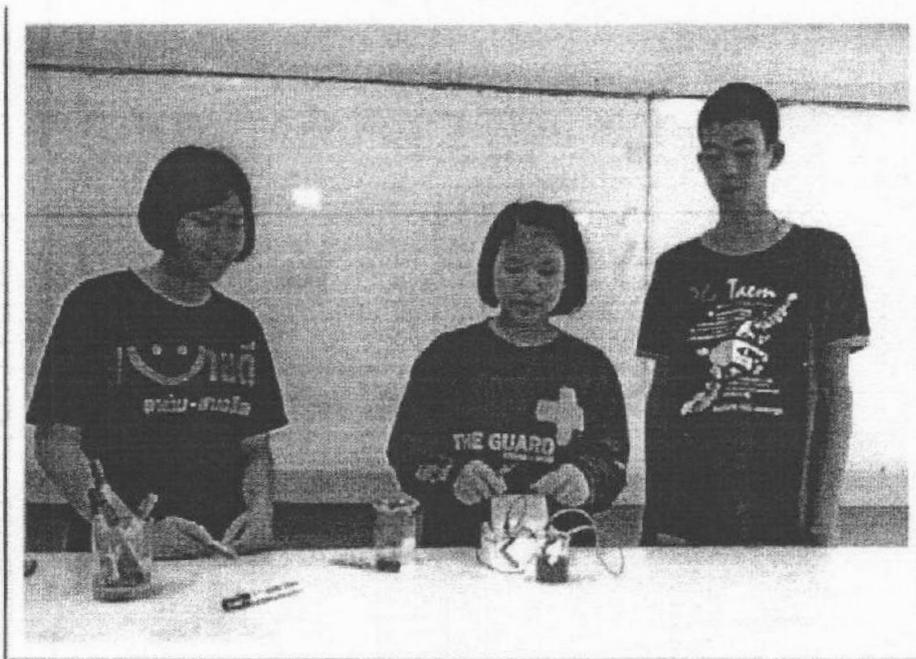
ภาพที่ ๑.1 วิดีทัศน์ เรื่อง How to charge an i-pod with fruits ขึ้นสร้างควมสนใจ  
แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก



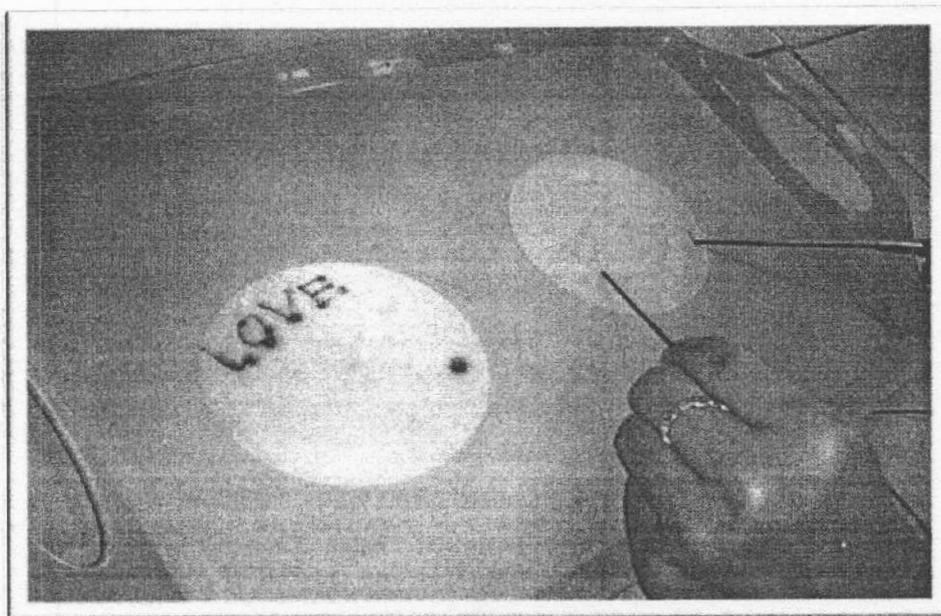
ภาพที่ ๑.2 วิดีทัศน์ เรื่อง potato battery ขึ้นสร้างควมสนใจ  
แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก



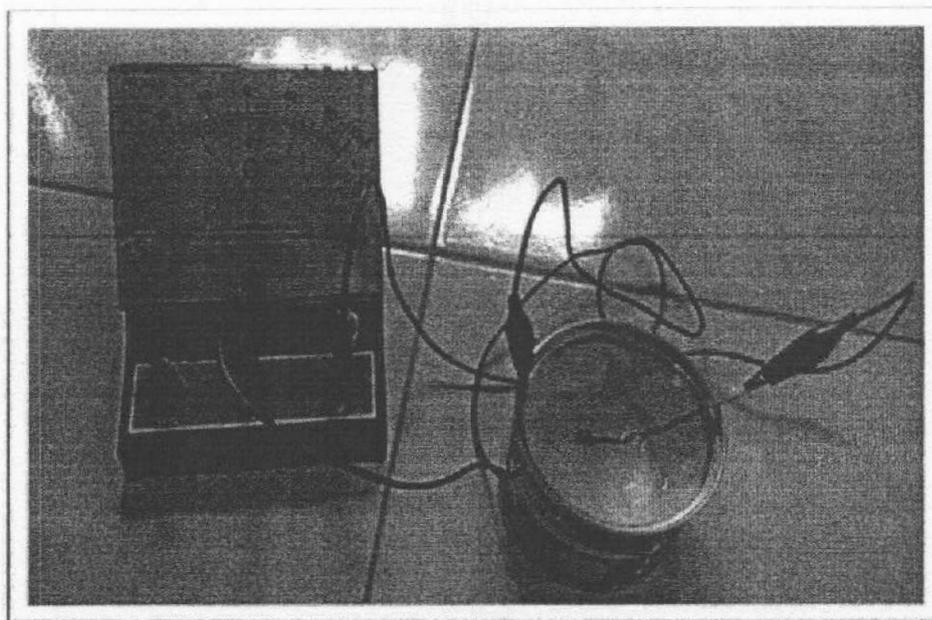
ภาพที่ ๓.3 ขั้นสำรวจ และค้นหา การทดลองที่ 1 การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก  
แผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก กลุ่มที่ 5



ภาพที่ ๓.4 ขั้นอภิปราย และลงข้อสรุป การทดลองที่ 1 การถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิก  
แผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก กลุ่มที่ 7



ภาพที่ ๕.5 ขั้นขยายความรู้ การทดลองที่ 1 การสร้างศิลปะเส้นสีด้วยกระแสไฟฟ้า  
แผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์อิเล็กโทรไลต์ กลุ่มที่ 2



ภาพที่ ๕.6 ขั้นขยายความรู้ ใบบางที่ 1 เรื่อง การแทนที่องค์ประกอบของถ่านไฟฉายด้วยวัสดุอื่น  
แผนจัดการเรียนรู้เรื่องเซลล์กัลวานิก กลุ่มที่ 1

ภาคผนวก ฐ  
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

## รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือ

- |                          |         |   |
|--------------------------|---------|---|
| 1. นางเรวดี นันทิกะ      | ตำแหน่ง | ครูชำนาญการพิเศษ (สาขาวิชาเคมี)<br>โรงเรียนมุกดาหาร<br>สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22                |
| 2. นายสุรศักดิ์ มีศิริ   | ตำแหน่ง | ครูชำนาญการ (สาขาวิชาเคมี)<br>โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย มุกดาหาร<br>สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 |
| 3. นางมินารัตน์ วงศ์แสน์ | ตำแหน่ง | ครูชำนาญการ (สาขาวิชาเคมี)<br>โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย มุกดาหาร<br>สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 22 |

**ประวัติผู้วิจัย****ชื่อ**

นางสาวอารีรัตน์ มัฐผา

**ประวัติการศึกษา**

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2545 – 2548

วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี)

มหาวิทยาลัยขอนแก่น, พ.ศ. 2549

ประกาศนียบัตรวิชาชีพครู

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, พ.ศ. 2550 – 2552

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

สาขาวิชาเอกเคมี

**ประวัติการทำงาน**

พ.ศ. 2550 – ปัจจุบัน

โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย มุกดาหาร

อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร

**ตำแหน่งและสถานที่ทำงานปัจจุบัน**

ครู คศ.1

โรงเรียนจุฬารัตนราชวิทยาลัย มุกดาหาร

อำเภอเมือง จังหวัดมุกดาหาร

โทรศัพท์ 08 – 6252 – 0435

อีเมล arreerat1112@gmail.com