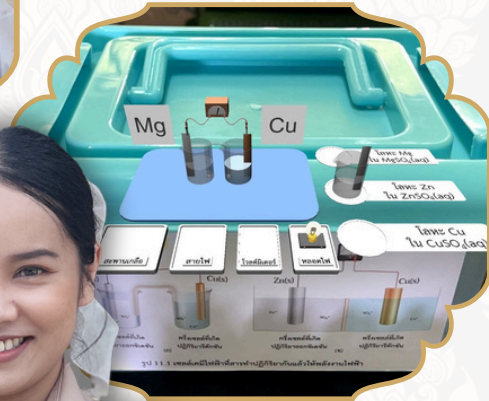




# รายงานการวิจัย

เรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์เรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3



นางสาวณัฐกานต์ ประชุมรักษ์  
นางสาวอิงอร คำทา

โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อุบลราชธานี  
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุบลราชธานี อำนาจเจริญ







การพัฒนาผลสัมฤทธิ์เรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วน  
ร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

นางสาวณัฐกานต์ ประชุมรักษ์

นางสาวอิงอร คำทา

รายงานสื่อนวัตกรรมครูผู้สอนในโครงการวิทยาศาสตร์พลังสิบ  
ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ปีการศึกษา 2568  
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อุดรราชธานี  
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาอุดรราชธานี อำนวยการเจริญ

## การพัฒนาผลสัมฤทธิ์เรื่องเซลล์กลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเซลล์กลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

นางสาวณัฐกานต์ ประชุมรักษ์ และนางสาวอิงอร คำทา  
โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อุบลราชธานี  
117 หมู่ 11 ถนนคลังอาวุธ ตำบลขามใหญ่ อำเภอเมืองอุบลราชธานี  
จังหวัดอุบลราชธานี  
e-mail: nattakanpra@tupubon.ac.th

### บทคัดย่อ

รายงานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์เรื่องเซลล์กลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเซลล์กลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 โดยเป็นการทดลองแบบกลุ่ม มีการทดสอบคะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ห้องวิทยาศาสตร์พลังสิบ จำนวน 19 คน จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อุบลราชธานี จากการแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่มตามคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (mean  $\pm$  SD) เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการทดลองเซลล์กลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) มีค่า 75.07 และค่าประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E2) มีค่า 85.60 ซึ่งมีค่าสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ และทดสอบค่า t-test มีค่า 7.25 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าชุดการทดลองเซลล์กลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) มีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับและมีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างบรรลุตามวัตถุประสงค์

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
<b>บทคัดย่อ</b>	<b>ก</b>
<b>สารบัญ</b>	<b>ข</b>
ที่มาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
กรอบแนวคิด	2
วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสื่อ	3
ขั้นตอนในการผลิตสื่อ	3
วิธีการใช้สื่อ	5
ผลการนำสื่อการเรียนการสอนไปใช้	7
การนำไปใช้จริงในห้องเรียน	9
แนวทางการต่อยอดการนำไปใช้ในอนาคต	10
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>11</b>
<b>ภาคผนวก ก</b> ภาพกิจกรรมนักเรียนใช้ชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)	14
<b>ภาคผนวก ข</b> ใบงานการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วน	15
<b>ภาคผนวก ค</b> คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้แอฟริเคชัน Quizizz	17
<b>ภาคผนวก ง</b> แบบบันทึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กัลวานิกชุดการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)	18
<b>ภาคผนวก จ</b> แบบบันทึกความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)	19

## 1. ที่มาและความสำคัญ

วิชาเคมีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีเนื้อหาที่ซับซ้อนและต้องใช้ความเข้าใจเชิงลึก ทั้งในเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติ โดยเฉพาะหัวข้อ เคมีไฟฟ้า (Electrochemistry) ซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้าและในทางกลับกัน การเรียนรู้เรื่อง เซลล์กัลวานิก (Galvanic Cell) จึงมีความสำคัญ เพราะช่วยให้นักเรียนเข้าใจหลักการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ การไหลของอิเล็กตรอน ความต่างศักย์ไฟฟ้า และการประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ และเซลล์เชื้อเพลิงปัญหาและข้อจำกัดในปัจจุบันแม้ว่าการทดลองเซลล์กัลวานิกจะเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอน แต่การจัดกิจกรรมในโรงเรียนทั่วไปมักเผชิญข้อจำกัด ได้แก่ อุปกรณ์ขนาดใหญ่และใช้งบประมาณสูง เซลล์และภาชนะที่ใช้ทดลองต้องใช้สารละลายและโลหะในปริมาณมาก ทำให้ต้นทุนสูงและสิ้นเปลืองสารเคมี ข้อจำกัดด้านความปลอดภัย การใช้สารเคมีเข้มข้นและโลหะบางชนิดมีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตราย จึงมีกลตทอนชั้นตอนหรือจำกัดการมีส่วนร่วมของนักเรียน ความเข้าใจเชิงนามธรรม นักเรียนจำนวนมากไม่สามารถจินตนาการการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนและไอออน รวมถึงการเกิดปฏิกิริยารีดอกซ์ภายในเซลล์ได้อย่างชัดเจน ทำให้ความเข้าใจเชื่อมโยงทฤษฎีกับการทดลองไม่สมบูรณ์ และขาดการเชื่อมโยงกับเทคโนโลยีดิจิทัล กิจกรรมการทดลองส่วนใหญ่เป็นการวัดและบันทึกค่าเชิงตัวเลข แต่ยังไม่ผสมผสานเทคโนโลยีเพื่อช่วยการอธิบายเชิงภาพหรือแบบโต้ตอบ แนวทางแก้ปัญหาเพื่อลดข้อจำกัดดังกล่าว การออกแบบชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วน (Miniaturized Galvanic Cell Kit) จะช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ ประหยัดงบประมาณ และเพิ่มความปลอดภัยให้นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติได้จริงทุกคน ขณะเดียวกันการบูรณาการเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (Augmented Reality: AR) จะช่วยให้เนื้อหาที่เป็นนามธรรม เช่น การไหลของอิเล็กตรอน ไอออน หรือสมการรีดอกซ์ สามารถแสดงผลเป็นภาพเคลื่อนไหวสามมิติแบบโต้ตอบ เสริมความเข้าใจและจดจำได้ง่ายขึ้น เหตุผลในการพัฒนาชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับ AR จะตอบสนองต่อแนวคิดการเรียนรู้เชิงรุก (Active Learning) และการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ (Learning by Doing) โดยนักเรียนจะได้ทั้งประสบการณ์ตรงจากการทดลอง การใช้เทคโนโลยีเพื่อสำรวจและตีความข้อมูล การคิดวิเคราะห์เชิงวิทยาศาสตร์และการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

## 2. วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์คะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนเรื่องเซลล์กลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเซลล์กลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75
2. เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเรื่องเซลล์กลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก
3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองเซลล์กลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)

## 3. ขอบเขตของการวิจัย

### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างวิจัยเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 จำนวน 19 คน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์พลังสิบ จากโรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อุบลราชธานี

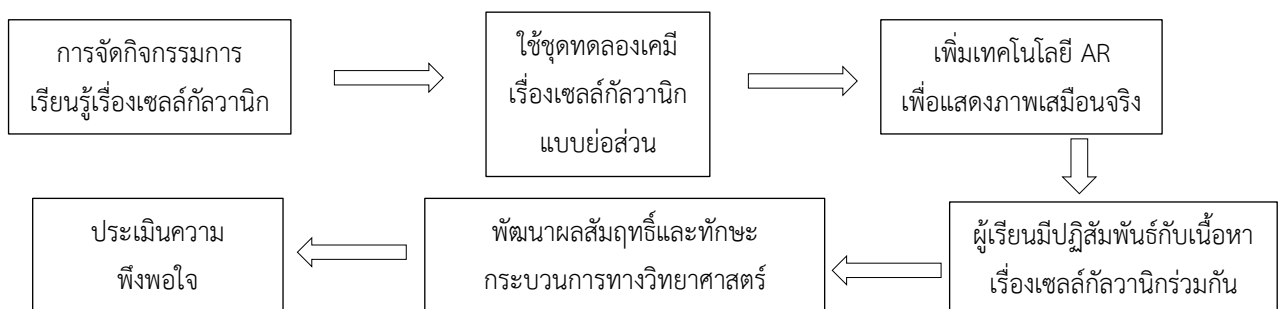
### ด้านเครื่องมือ

1. แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องเซลล์กลวานิก โดยใช้แอฟริเคชัน Quizizz ในการเก็บคะแนนของนักเรียน
2. แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเรื่องเซลล์กลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ประกอบด้วยใบกิจกรรมวิธีการทดลอง และสื่อเสริม AR เพื่อใช้ในการจัดการเรียนรู้และพัฒนาทักษะการทดลองของนักเรียน
3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน

### ด้านระยะเวลา

รายงานนวัตกรรมครั้งนี้ดำเนินการระหว่าง พฤศจิกายน พ.ศ. 2567 - มีนาคม พ.ศ. 2568

## 4. กรอบแนวคิด



### 5. วัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตสื่อ

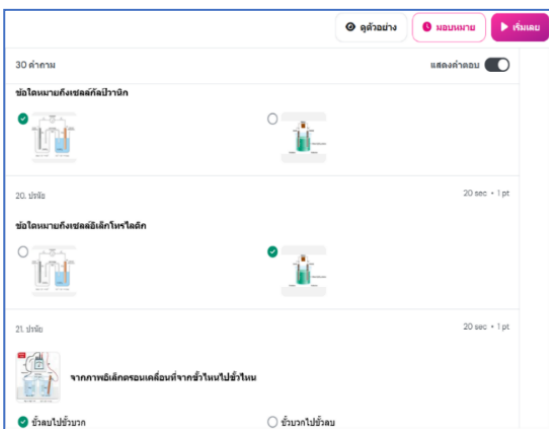
#### วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

- |                                     |                                |                                |
|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. จานหลุม                          | 6. แผ่นทองแดง (Cu)             | 11. สารละลาย ZnSO <sub>4</sub> |
| 2. โวลต์มิเตอร์                     | 7. แผ่นแมกนีเซียม (Mg)         | 12. สารละลาย MgSO <sub>4</sub> |
| 3. สายไฟพร้อมที่เสียบครีมนปากจระเข้ | 8. แผ่นสังกะสี (Zn)            | 13. สารละลาย FeSO <sub>4</sub> |
| 4. กระดาษทราย                       | 9. แผ่นลวด (Fe)                | 14. สารละลาย KNO <sub>3</sub>  |
| 5. กระดาษกรอง                       | 10. สารละลาย CuSO <sub>4</sub> | 15. หลอดไฟ LED                 |



### 6. ขั้นตอนในการผลิตสื่อ

1. สร้างแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิก ใช้แอปพลิเคชัน Quizizz ทดสอบคะแนนก่อนเรียนของนักเรียน



2. ออกแบบชุดการทดลองเซลล์กัลป์วานิกแบบย่อส่วน โดยตัดแผ่นโลหะทองแดง แผ่นแมกนีเซียมแผ่นสังกะสี กระดาษทราย กระดาษกรองเป็นชิ้นเล็ก ๆ พร้อมทั้งเตรียมสารละลายต่าง ๆ ลงในขวดหยดสาร จากนั้นนำไปบรรจุในกล่องชุดการทดลอง ซึ่งจะช่วยลดปริมาณสารเคมีที่ใช้ ประหยัดงบประมาณ และเพิ่มความปลอดภัยแก่นักเรียน



3. สร้างนวัตกรรมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) เป็นแอปพลิเคชันจาก สสวท. “AR วิทย์ ม.ปลาย” โดยใช้รูปภาพอิงจากหนังสือเรียนสสวท. เรื่องเซลล์กัลวานิก หน้า 108 นักเรียนสามารถดาวน์โหลดได้จากทาง Google Play หรือ App Store



## 7. วิธีการใช้สื่อ

1. นักเรียนต่อเซลล์กัลวานิกตามแผนภาพเซลล์  

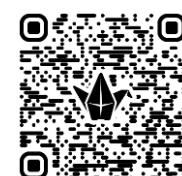
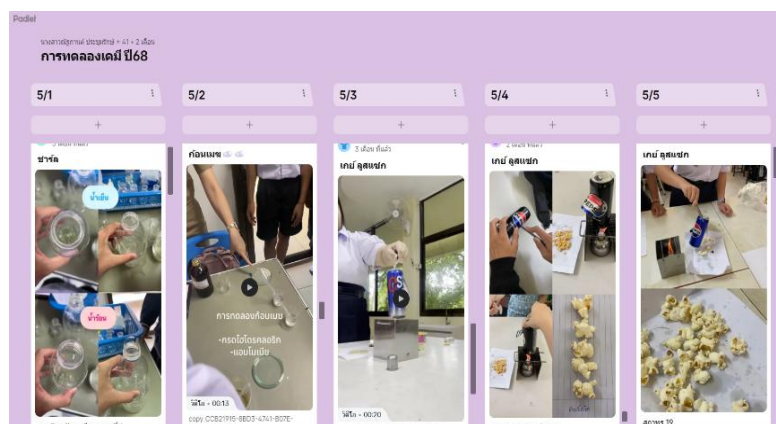
$$\text{Zn(s)} \mid \text{ZnSO}_4(\text{aq}, 0.2 \text{ M}) \parallel \text{CuSO}_4(\text{aq}, 0.2 \text{ M}) \mid \text{Cu(s)}$$
 โดยใช้จานหลุม
2. ใส่สะพานเกลือ (ตัดกระดาษกรองเป็นแผ่นขนาดเล็กชุบสารละลาย  $\text{KNO}_3$  อิมตัว) วางพาดจานหลุมทั้งสองโดยให้ปลายกระดาษจุ่มในสารละลาย
3. ใช้สายไฟต่อแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีเข้ากับโวลต์มิเตอร์ สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ อ่านค่าความต่างศักย์
4. สลับขั้วโวลต์มิเตอร์ สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ อ่านค่าความต่างศักย์
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-4 สลับคู่เซลล์ให้ครบทุกคู่



2. นักเรียนใช้นวัตกรรมเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) โดยใช้แอฟริเคชันจาก สสวท. “AR วิทย์ ม.ปลาย” ส่องรูปภาพข้างกล่องชุดการทดลอง เพื่อดูเซลล์กัลวานิก 3 มิติ เช่น ส่วนประกอบ นักเรียนสามารถต่อเซลล์กัลวานิกด้วยตัวเองได้



3. ทดสอบคะแนนหลังเรียนของนักเรียน ใช้แอฟริเคชัน Quizizz
4. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์คะแนนก่อนเรียนและคะแนนหลังเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75
5. ประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก
6. ประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)
7. เผยแพร่ผ่านช่องทางออนไลน์ เช่น เว็บไซต์ห้องเรียนเคมี, YouTube, และ QR Code ของ Padlet ให้ผู้สนใจเข้าไปศึกษาได้โดยตรง



## 8. ผลการนำสื่อการเรียนการสอนไปใช้

โดยผู้รายงานขอเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเรียงลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน (E1/E2)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (E1)	คะแนนหลังเรียน (E2)
1	14	16
2	16	17
3	15	16
4	15	16
5	16	18
6	15	16
7	17	19
8	15	17
9	13	16
10	14	15
11	16	17
12	14	15
13	15	16
14	13	17
15	15	18
16	11	16
17	12	15
18	10	13
19	15	16
ค่าเฉลี่ย	14.26	16.26
S.D.	1.79	1.33
ร้อยละ	75.07	85.60
E1/E2	E1 = 75.07	E2 = 85.60
t-test = 7.25**		

\*\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

พบว่าประสิทธิภาพคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนเรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลอง เซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มีค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ (E1) และค่าประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E2) เท่ากับ 75.07/85.60 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ และทดสอบค่า t-test มีค่า 7.25 พบว่าค่าเฉลี่ยคะแนนทดสอบหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 แสดงว่าการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 มีประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับ และมีคุณภาพสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างบรรลุตามวัตถุประสงค์

**ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก**

**ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กัลวานิก**

ที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1	การสังเกต	4.50	0.51	มากที่สุด
2	การวัด	4.50	0.51	มากที่สุด
3	การคำนวณ	4.53	0.51	มากที่สุด
4	การตั้งสมมติฐาน	4.57	0.63	มากที่สุด
5	การกำหนดและควบคุมตัวแปร	4.53	0.73	มากที่สุด
6	การลงความเห็นจากข้อมูล	4.60	0.81	มากที่สุด
7	ความสามารถในการออกแบบ	4.60	0.81	มากที่สุด
8	การวางแผนการทดลอง	4.63	0.56	มากที่สุด
9	การปฏิบัติการทดลอง	4.77	0.43	มากที่สุด
10	การตีความหมายและลงข้อสรุป	4.50	0.82	มากที่สุด
รวม		4.57	0.63	มากที่สุด

พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยภาพรวมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}$ =4.57, S.D.= 0.63) และรายชื่ออยู่ในระดับมากที่สุดเรียง 3 อันดับแรก คือ อันดับที่ 1 การปฏิบัติการทดลอง ( $\bar{X}$ =4.77, S.D.=0.43) อันดับที่ 2 การวางแผนการทดลอง ( $\bar{X}$ =4.63, S.D.=0.56) และอันดับที่ 3 นักเรียนมีการลงความเห็นจากข้อมูล และความสามารถในการออกแบบ ( $\bar{X}$ =4.60, S.D.=0.81)

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องเซลล์กัลวานิก

ที่	รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
		$\bar{X}$	S.D.	ความหมาย
1	กิจกรรมกลุ่มมีความน่าสนใจ	4.50	0.51	มากที่สุด
2	มีความสนุกสนานเพลิดเพลินกับการเรียน	4.70	0.53	มากที่สุด
3	เนื้อหาสอดคล้องกับกิจกรรม ชัดเจน	4.53	0.51	มากที่สุด
4	ตัวอักษร และรูปภาพเหมาะสมต่อการเรียนรู้	4.50	0.51	มากที่สุด
5	เวลาที่ใช้เหมาะสม	4.53	0.73	มากที่สุด
6	ได้รับประโยชน์จากการเรียน	4.63	0.56	มากที่สุด
7	นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน	4.50	0.82	มากที่สุด
8	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ	4.57	0.63	มากที่สุด
9	นักเรียนมีความภูมิใจในตนเองจากการทำงานกลุ่ม	4.60	0.81	มากที่สุด
10	นักเรียนต้องการเรียนแบบกลุ่ม	4.60	0.81	มากที่สุด

พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ( $\bar{X}=4.70$ , S.D.= 0.53) และรายชื่ออยู่ในระดับมากที่สุดเรียง 3 อันดับแรกคือ อันดับที่ 1 มีความสนุกสนานเพลิดเพลินกับการเรียน ( $\bar{X}=4.70$ , S.D.=0.53) อันดับที่ 2 นักเรียนได้รับประโยชน์จากการเรียน ( $\bar{X}=4.63$ , S.D.=0.56) และอันดับที่ 3 นักเรียนมีความภูมิใจในตนเองจากการทำงานกลุ่ม และนักเรียนต้องการเรียนแบบกลุ่ม ( $\bar{X}=4.60$ , S.D.=0.81)

## 9. การนำไปใช้จริงในห้องเรียน

### 1. ด้านผู้เรียน

#### 1.1 เพิ่มความเข้าใจเชิงลึกในเนื้อหาเคมีไฟฟ้า

นักเรียนสามารถเห็นภาพการไหลของอิเล็กตรอนและไอออนในเซลล์กัลวานิกผ่านแอนิเมชัน AR ทำให้เข้าใจหลักการรีดอกซ์และความต่างศักย์ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น การเรียนรู้ด้วยภาพสามมิติช่วยลดความสับสนระหว่างแอนด/แคโทด และทิศทางการเคลื่อนที่ของประจุ

#### 1.2 พัฒนาทักษะการทดลองและการคิดเชิงวิทยาศาสตร์

นักเรียนฝึกการวางแผนทดลอง ควบคุมตัวแปร และวัดค่าด้วยอุปกรณ์จริง วิเคราะห์และตีความข้อมูลที่ได้พร้อมเปรียบเทียบกับทฤษฎี เช่น ตารางศักย์ไฟฟ้ามาตรฐาน

### 1.3 เสริมทักษะการใช้เทคโนโลยีดิจิทัล

นักเรียนได้ฝึกใช้ AR เพื่อช่วยทำความเข้าใจและบันทึกข้อมูลการทดลอง เตรียมความพร้อมสู่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในยุคดิจิทัลและการใช้เทคโนโลยีเพื่อการศึกษา

### 1.4 สร้างแรงจูงใจและความสนุกในการเรียนรู้

นักเรียนได้เห็นผลการทดลองจริงร่วมกับภาพเสมือนที่อธิบายพร้อมกัน ช่วยกระตุ้นความสนใจและเพิ่มการมีส่วนร่วมในห้องเรียน

## 2. ด้านครูผู้สอน

### 2.1 เพิ่มประสิทธิภาพการสอน

ครูสามารถใช้ AR เพื่อช่วยอธิบายเนื้อหาที่เป็นนามธรรมให้เห็นภาพมากขึ้น ลดเวลาในการเตรียมอุปกรณ์และสารเคมี เนื่องจากเป็นชุดย่อยส่วน

### 2.2 มีเครื่องมือสื่อสารทางวิชาการที่ทันสมัย

ครูสามารถบูรณาการการสอนแบบผสมผสาน (Blended Learning) ร่วมกับการสาธิตดิจิทัล ส่งเสริมบทบาทครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก (Facilitator) แทนการบรรยายเพียงอย่างเดียว

## 3. ด้านโรงเรียนและการจัดการเรียนการสอน

### 3.1 ประหยัดงบประมาณและทรัพยากร

ใช้ปริมาณสารละลายและโลหะน้อยลง ลดค่าใช้จ่ายและการจัดเก็บสารเคมี อุปกรณ์มีขนาดเล็ก เคลื่อนย้ายและเก็บรักษาง่าย

### 3.2 เพิ่มความปลอดภัยในห้องปฏิบัติการ

ลดความเสี่ยงจากการใช้สารเคมีเข้มข้นหรือปริมาณมาก ควบคุมการทดลองได้ง่ายขึ้นแม้ในห้องเรียนที่มีนักเรียนจำนวนมาก

### 3.3 ใช้ซ้ำและขยายผลได้

ชุดทดลองสามารถใช้ได้หลายปี และนำไปประยุกต์กับการสอนวิชาอื่น เช่น ฟิสิกส์ (วงจรไฟฟ้า) หรือ STEM Project

## 10. แนวทางการต่อยอดการนำไปใช้ในอนาคต

ในอนาคตสามารถต่อยอดชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อยส่วนร่วมกับเทคโนโลยี AR ไปสู่การพัฒนาเป็นสื่อการเรียนรู้แบบดิจิทัลเต็มรูปแบบ เช่น การสร้างบทเรียน AR ที่ครอบคลุมหัวข้อเคมีไฟฟ้าอื่น ๆ การขยายชุดอุปกรณ์ให้รองรับการทดลองหลายชนิดของเซลล์ไฟฟ้า และการเชื่อมระบบกับแพลตฟอร์มออนไลน์เพื่อเก็บข้อมูลผลการทดลองแบบเรียลไทม์

นอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้ในการเรียนแบบ STEM/STEAM การจัดแข่งขันสร้างเซลล์ไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง หรือการพัฒนาเป็นชุดทดลองสำหรับห้องเรียนอัจฉริยะเพื่อยกระดับการเรียนรู้เชิงลึกและส่งเสริมนวัตกรรมด้านเคมีในอนาคต

## บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ชุมนุมชนเกษตรกรรมแห่งประเทศไทย.
- ณัฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2542). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก.
- ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). *ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 2*. กรุงเทพมหานคร: คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์
- ทศนา แคมมณี. (2553). *องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ*. พิมพ์ครั้งที่ 13. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- บรรณรักษ์ แก่งถิ่น. (2539). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความคงทนในการเรียนรู้ ในกลุ่มวิชาสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง พืชและสัตว์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนกับการสอนแบบปกติ*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยของแก่น.
- พิชมณูลี สิ้นประเสริฐรัตน์. (2559). *การพัฒนาบทปฏิบัติการวิทยาศาสตร์แบบย่อส่วนเรื่องกรด-เบส สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยบูรพา.
- เพชรวิไล ชัดติยวงศ์, ปุริม จารุจรัส, ศักดิ์ศรี สุภาขร และชฎิล กุลสิงห์. (2557). *การพัฒนาชุดการทดลองเซลล์กัลป์วานิกแบบย่อส่วนและต้นทุนต่ำเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ในการสอนเคมีไฟฟ้า*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ศักดิ์ศรี สุภาขร และคณะ. (2560). *การพัฒนาชุดปฏิบัติการเคมีแบบย่อส่วนต้นทุนต่ำเพื่อสนับสนุนความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์และการปรับแก้โมเดล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. กรุงเทพมหานคร: สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ภาพกิจกรรมนักเรียนใช้ชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)



## ภาคผนวก ข ใบงานการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วน

หน้า 1

## การทดลอง

## เรื่อง เซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วน

## สมาชิกกลุ่ม

1.....	ชั้น ม...../.....	เลขที่.....
2.....	ชั้น ม...../.....	เลขที่.....
3.....	ชั้น ม...../.....	เลขที่.....
4.....	ชั้น ม...../.....	เลขที่.....
5.....	ชั้น ม...../.....	เลขที่.....
6.....	ชั้น ม...../.....	เลขที่.....
7.....	ชั้น ม...../.....	เลขที่.....
วัน/เดือน/ปีทำการทดลอง.....		

## จุดประสงค์การทดลอง

1. ทำการทดลองเพื่อหาค่าศักย์ไฟฟ้าของเซลล์กัลวานิกได้
2. อธิบายกระบวนการถ่ายโอนอิเล็กตรอนในเซลล์กัลวานิกได้

## วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

- |                                    |                                |                                |
|------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1. จานหลุม                         | 6. แผ่นทองแดง (Cu)             | 11. สารละลาย ZnSO <sub>4</sub> |
| 2. โวลต์มิเตอร์                    | 7. แผ่นแมกนีเซียม (Mg)         | 12. สารละลาย MgSO <sub>4</sub> |
| 3. สายไฟพร้อมที่เสียบคริมปากจระเข้ | 8. แผ่นสังกะสี (Fe)            | 13. สารละลาย FeSO <sub>4</sub> |
| 4. กระดาษทราย                      | 9. ตะปูเหล็ก (Fe)              | 14. สารละลาย KNO <sub>3</sub>  |
| 5. กระดาษกรอง                      | 10. สารละลาย CuSO <sub>4</sub> | 15. หลอดไฟ LED                 |

## ตอนที่ 1

## วิธีการทดลอง

1. นักเรียนต่อเซลล์กัลวานิกตามแผนภาพเซลล์  

$$\text{Zn(s)} \mid \text{ZnSO}_4(\text{aq}), 0.2 \text{ M} \parallel \text{CuSO}_4(\text{aq}), 0.2 \text{ M} \mid \text{Cu(s)}$$
 โดยใช้จานหลุม
2. ใส่สะพานเกลือ (ตัดกระดาษกรองเป็นแผ่นขนาดเล็กชุบสารละลาย KNO<sub>3</sub> อิมตัว) วางพาดจานหลุมทั้งสองโดยให้ปลายกระดาษจุ่มในสารละลาย
3. ใช้สายไฟต่อแผ่นทองแดงและแผ่นสังกะสีเข้ากับโวลต์มิเตอร์ สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ อ่านค่าความต่างศักย์
4. สลับขั้วโวลต์มิเตอร์ สังเกตทิศทางการเบนของเข็มโวลต์มิเตอร์ อ่านค่าความต่างศักย์
5. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 1-4 สลับคู่เซลล์ให้ครบทุกคู่

ตารางบันทึกผลการทดลอง

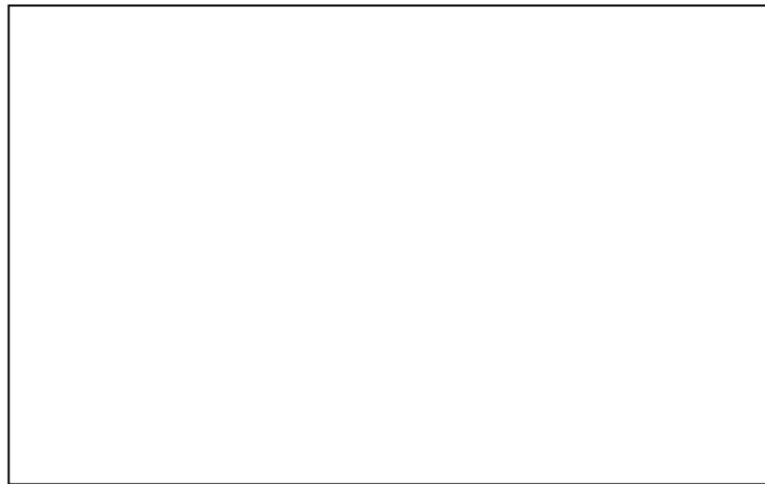
	Zn/Cu	Mg/Cu	Fe/Cu	Mg/Zn	Mg/Fe	Zn/Fe
ตัวถูออกซิไดส์						
ตัวถูรีดิวซ์						
ตัวออกซิไดส์						
ตัวรีดิวซ์						
ความต่างศักย์ไฟฟ้า (V)						

ตอนที่ 2 การประยุกต์ใช้เซลล์กัลวานิก

โจทย์ ให้ออกแบบต่อเซลล์กัลวานิกเพื่อทำให้หลอดไฟ LED ติดไฟ

เงื่อนไข หลอดไฟจะติดเมื่อมีความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่าง 2.0 – 5.0 V

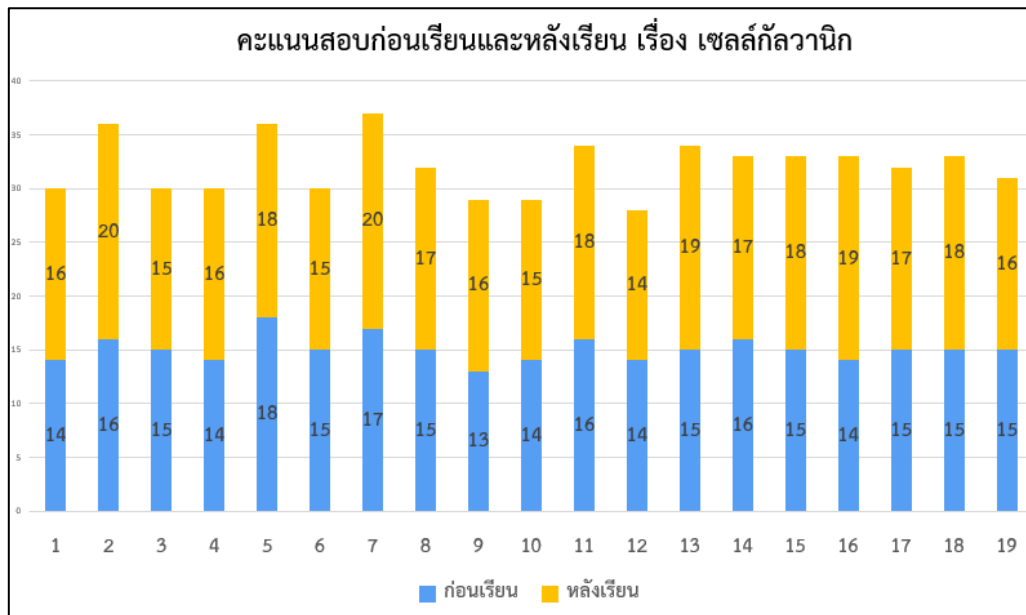
วาดภาพการต่อวงจรที่ทำให้หลอดไฟติด โดยระบุรายละเอียดว่ามีองค์ประกอบอะไรบ้าง



ค่าศักย์ไฟฟ้าที่ทำให้หลอดไฟติด เท่ากับ.....V



ภาคผนวก ค คะแนนสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ใช้แอฟริเคชัน Quizizz



ชื่อ	ความแม่นยำ ↑	เต็ม	คะแนน	สถานะ	
เด็กชายจักรพรรดิ อ่อนอิน (จักรพรรดิ)	✓ 27 ✗ 3	90%	27/30	20660	ประเมิน
Manojad Manojad (Thanakrit 2)	✓ 24 ✗ 6	80%	24/30	18490	ประเมิน
dvcwxyhfg apple_user (ธนากร 3)	✓ 24 ✗ 6	80%	24/30	19060	ประเมิน
Sun Moon (สุวิษณุวัฒน์ 12)	✓ 24 ✗ 6	80%	24/30	19120	ประเมิน
2 khanthasit (Jetsad 22)	✓ 23 ✗ 7	77%	23/30	18750	ประเมิน
เด็กชายชนวีร์ บุญมานัด (ชนวีร์ บุญมานัด)	✓ 23 ✗ 7	77%	23/30	19810	ประเมิน
3นางสาวไอยรา ทองสา (3นางสาวไอย...	✓ 22 ✗ 8	73%	22/30	14520	ประเมิน
พิสิษฐ์พัฒน์ ภูสีน้ำ (พิสิษฐ์พัฒน์ ภูสีน้ำ)	✓ 22 ✗ 8	73%	22/30	16440	ประเมิน
เด็กชายอภิเดช กังวารณ์ (อภิเดช)	✓ 22 ✗ 8	73%	22/30	15870	ประเมิน
THEGUESTMETALLIC THEGUESTME...	✓ 20 ✗ 10	67%	20/30	12580	ประเมิน
นางสาวพิรดา ปิ่นแก้ว (พิรดา ดาดีจัง)	✓ 20 ✗ 10	67%	20/30	13760	ประเมิน
นายสุรยุทธ วงษ์มณี (Saran 20)	✓ 19 ✗ 11	63%	19/30	15220	ประเมิน
เด็กชายพิสิษฐ์ นวลประเสริฐ (เด็กชาย...	✓ 19 ✗ 11	63%	19/30	13930	ประเมิน

ภาคผนวก ง แบบบันทึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เรื่องเซลล์กัลวานิก โดยใช้ชุดการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)

แบบบันทึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเซลล์กัลวานิก

โดยใช้ชุดการทดลองเรื่องเซลล์กัลวานิกแบบย่อส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)

ชื่อ..... เลขที่ .....ชั้น .....กลุ่มที่.....

คำชี้แจง ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับคะแนน

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
1	การสังเกต					
2	การวัด					
3	การคำนวณ					
4	การตั้งสมมติฐาน					
5	การกำหนดและควบคุมตัวแปร					
6	การลงความเห็นจากข้อมูล					
7	ความสามารถในการออกแบบ					
8	การวางแผนการทดลอง					
9	การปฏิบัติการทดลอง					
10	การตีความหมายและลงข้อสรุป					

เกณฑ์การประเมินการสังเกตพฤติกรรมทักษะการทดลองการประเมินทักษะการทดลอง

ระดับ 5 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ มาก

ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ น้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ น้อยที่สุด

หมายเหตุ นำคะแนนที่ได้ 50 คะแนน มาหารด้วย 5 จะได้คะแนนเต็ม 10 คะแนน แล้วแปลความหมายตาม

เกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์การแปลความหมายของช่วงคะแนน

ช่วงคะแนน	ความหมาย
9 -10	มากที่สุด
7 - 8	มาก
5 - 6	ปานกลาง
3 - 4	น้อย
0 - 2	น้อยที่สุด

ผลการประเมินทักษะการปฏิบัติการกลุ่ม

อยู่ในระดับ  มากที่สุด  มาก  ปานกลาง  น้อย  น้อยที่สุด

สรุปผลการประเมินทักษะการปฏิบัติการกลุ่ม (ผ่าน ต้องมีคะแนนตั้งแต่ 5 คะแนนขึ้นไป)  ผ่าน  ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

ภาคผนวก จ แบบบันทึกความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย้อยส่วนร่วมกับเทคโนโลยีความเป็นจริงเสริม (AR)

แบบบันทึกความพึงพอใจของนักเรียนต่อ ชุดการทดลองเซลล์กัลวานิกแบบย้อยส่วนร่วมกับเทคโนโลยี (AR)

ชื่อ..... เลขที่ .....ชั้น .....กลุ่มที่.....

คำชี้แจง ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วขีด ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับคะแนน

ลำดับ	รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
		มากที่สุด (5)	มาก (4)	ปานกลาง (3)	น้อย (2)	น้อยที่สุด (1)
1	กิจกรรมกลุ่มมีความน่าสนใจ					
2	มีความสุขสนุกสนานเพลิดเพลินกับการเรียน					
3	เนื้อหาสอดคล้องกับกิจกรรม ชัดเจน					
4	ตัวอักษร และรูปภาพเหมาะสมต่อการเรียนรู้					
5	เวลาที่ใช้เหมาะสม					
6	ได้รับประโยชน์จากการเรียน					
7	นำความรู้ที่ได้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน					
8	นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมกลุ่มอย่างสม่ำเสมอ					
9	นักเรียนมีความภูมิใจในตนเองจากการทำงานกลุ่ม					
10	นักเรียนต้องการเรียนแบบกลุ่ม					

เกณฑ์การประเมินการสังเกตพฤติกรรมทักษะการทดลองการประเมินทักษะการทดลอง

ระดับ 5 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ มาก

ระดับ 3 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ น้อย

ระดับ 1 หมายถึง มีพฤติกรรมในระดับ น้อยที่สุด

หมายเหตุ นำคะแนนที่ได้ 50 คะแนน มาหารด้วย 5 จะได้คะแนนเต็ม 10 คะแนน แล้วแปลความหมายตาม

เกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์การแปลความหมายของช่วงคะแนน

ช่วงคะแนน	ความหมาย
9 -10	มากที่สุด
7 - 8	มาก
5 - 6	ปานกลาง
3 - 4	น้อย
0 - 2	น้อยที่สุด

ผลการประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

อยู่ในระดับ  มากที่สุด  มาก  ปานกลาง  น้อย  น้อยที่สุด

สรุปผลการประเมินทักษะการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม (ผ่าน ต้องมีคะแนนตั้งแต่ 5 คะแนนขึ้นไป)  ผ่าน  ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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



