



การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อส่งเสริม  
แนวคิดทางเคมีและทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF STEM ACTIVITY IN CHEMISTRY ON FACTORS AFFECTING THE  
RATE OF CHEMICAL REACTIONS TO ENHANCE CHEMISTRY CONCEPTS AND  
TWENTY-FIRST CENTURY SKILLS FOR THE HIGH SCHOOL LEVEL

นรพนธ์ คนสูง

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อ  
ส่งเสริมแนวคิดทางเคมีและทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2561  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF STEM ACTIVITY IN CHEMISTRY ON FACTORS  
AFFECTING THE RATE OF CHEMICAL REACTIONS TO  
ENHANCE CHEMISTRY CONCEPTS AND TWENTY-FIRST CENTURY SKILLS  
FOR THE HIGH SCHOOL LEVEL



A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements  
for MASTER OF EDUCATION (Chemistry)  
Faculty of Science Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อส่งเสริม  
แนวคิดทางเคมีและทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

นรพนธ์ คนสูง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต)

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะยุไชะ ภูโน)

|                  |                                                                                                                                                    |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อเรื่อง       | การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อส่งเสริมแนวคิดทางเคมีและทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย |
| ผู้วิจัย         | นรพนธ์ คนสูง                                                                                                                                       |
| ปริญญา           | การศึกษามหาบัณฑิต                                                                                                                                  |
| ปีการศึกษา       | 2561                                                                                                                                               |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยรัตน์ ดรบบัณฑิต                                                                                                          |

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมแนวคิดทางเคมีและทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ในขั้นตอนการพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา ผลการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความเหมาะสมขององค์ประกอบอยู่ในระดับเหมาะสมมาก จากนั้นนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปหาประสิทธิภาพกับนักเรียน 29 คน พบว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพร้อยละ 93.10 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ในการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาและคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ก่อนกับหลังเรียนในกลุ่มทดลองใช้วิธีการทางสถิติ t-test for dependent samples และการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาหลังเรียนและคะแนนทักษะทักษะในศตวรรษที่ 21 หลังเรียนในกลุ่มทดลองเทียบกับกลุ่มควบคุมใช้วิธีการทางสถิติ t-test for independent samples ผลการศึกษาพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนแนวคิดสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากผลการศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

คำสำคัญ : ทักษะในศตวรรษที่ 21, อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี, การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา, กิจกรรมสะเต็มศึกษา

|                |                                                                                                                                                                                                   |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title          | DEVELOPMENT OF STEM ACTIVITY IN CHEMISTRY ON<br>FACTORS AFFECTING THE RATE OF CHEMICAL<br>REACTIONS TO ENHANCE CHEMISTRY CONCEPTS<br>AND TWENTY-FIRST CENTURY SKILLS FOR THE HIGH<br>SCHOOL LEVEL |
| Author         | NORAPON KHONSOONG                                                                                                                                                                                 |
| Degree         | MASTER OF EDUCATION                                                                                                                                                                               |
| Academic Year  | 2018                                                                                                                                                                                              |
| Thesis Advisor | Assistant Professor Dr. Piyarat Doonbhundit                                                                                                                                                       |

This research aims to develop the STEM activity for chemistry on factors affecting the rate of a chemical reactions to enhance chemistry concepts and twenty-first century skills for high school level. The developed STEM activity was evaluated by experts. The evaluation results revealed that the elements of the lesson were correlated at a high criteria. The efficiency of the STEM activity, which were collected from twenty-nine students, with a 93.10 percentage that was higher than the set criteria. In comparison, the conception of factors affecting the rate of chemical reactions and twenty-first century skills pretest and posttest score in the experimental group using a t-test for dependent samples. The twenty-first century skills posttest scores in the experimental group and control group were compared by using a t-test for independent samples. following the STEM activity, the experimental group got higher posttest scores than pretest score at a .01 level of significance, and higher posttest scores than the control group at a .05 level of significance in terms of chemistry conception. The study of twenty-first century skills, the experimental group had higher posttest scores than pretest score at a .01 level of significance, and higher posttest scores than the control group at a .01 level of significance.

Keyword : Twenty-first century skills, STEM education, STEM activity, Chemical reaction rate



## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีเนื่องจาก ผู้วิจัยได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัยจาก ผศ.ดร.ปิยรัตน์ ดรบัณทิต อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

ปริญญานิพนธ์ ผู้สละเวลาและให้ความช่วยเหลือผู้วิจัยตลอดการทำวิจัย ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจ และขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณ รศ.ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์ ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้นและกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.มะยุไช๊ะ ภูโน ผู้ให้ความกรุณาเป็นทั้งกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย และให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขงานวิจัยที่ดีเสมอมา

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร. มะยุไช๊ะ ภูโน อ.ดร.รัชฎาภรณ์ พิณทอง และครูธัญฐา คงทน ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยให้คำแนะนำ แง่คิดในการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุน

เงินทุนสำหรับการศึกษาและวิจัย จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอขอบพระคุณ บิดามารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่าน ที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา และเป็นกำลังใจที่ดีให้เสมอมา ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่อยู่เคียงข้างกันเสมอมา

นรพนธ์ คนสูง

## สารบัญ

|                                     | หน้า |
|-------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....               | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....            | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                | ช    |
| สารบัญ .....                        | ช    |
| สารบัญตาราง.....                    | ฅ    |
| สารบัญรูปภาพ .....                  | ณ    |
| บทที่ 1 บทนำ.....                   | 1    |
| ภูมิหลัง .....                      | 1    |
| ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....        | 3    |
| ความสำคัญของการวิจัย .....          | 3    |
| ขอบเขตของการวิจัย .....             | 3    |
| ประชากรที่ใช้ในการวิจัย .....       | 3    |
| กลุ่มตัวอย่าง .....                 | 4    |
| กลุ่มทดลอง .....                    | 4    |
| กลุ่มควบคุม.....                    | 4    |
| ตัวแปรที่ศึกษา .....                | 4    |
| เนื้อหา .....                       | 4    |
| ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ..... | 4    |
| นิยามศัพท์เฉพาะ.....                | 4    |
| กรอบแนวคิดในการวิจัย .....          | 7    |
| สมมติฐานในการวิจัย.....             | 7    |

|                                                                                                                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....                                                                                                                              | 8  |
| 1.เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี .....                                   | 9  |
| 1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา สาระการเรียนรู้วิชาเคมี ที่เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย..... | 9  |
| 1.2 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี .....                                                                                                                           | 9  |
| 1.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี .....                                                                                                                      | 10 |
| 1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี .....                                                                                     | 11 |
| 2. พลังงานจากแก๊สไฮโดรเจน.....                                                                                                                                           | 12 |
| 2.1 การผลิตแก๊สไฮโดรเจน .....                                                                                                                                            | 12 |
| 2.2 ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน .....                                                                                                                                        | 14 |
| 2.3 เซลล์เชื้อเพลิง .....                                                                                                                                                | 14 |
| 3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา.....                                                                                                                     | 15 |
| 3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา .....                                                                                                                                         | 15 |
| 3.2 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา.....                                                                                                                                 | 15 |
| 3.3 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา .....                                                                                                                     | 18 |
| 3.4 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....                                                                                                                          | 19 |
| 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา.....                                                                                                                             | 20 |
| 4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 .....                                                                                                            | 21 |
| 4.2 ความคิดสร้างสรรค์ .....                                                                                                                                              | 23 |
| 4.3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา.....                                                                                                                            | 28 |
| 4.4 การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น.....                                                                                                                             | 31 |
| 5. แนวคิด.....                                                                                                                                                           | 31 |

|                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.1 ความหมายของแนวคิด .....                                                                                                                                 | 31 |
| 5.2 องค์ประกอบของแนวคิด.....                                                                                                                                | 31 |
| 5.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน.....                                                                                                                                  | 32 |
| 5.4 แบบวัดแนวคิด.....                                                                                                                                       | 33 |
| บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....                                                                                                                             | 38 |
| การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง .....                                                                                                               | 38 |
| ประชากร .....                                                                                                                                               | 38 |
| การเลือกกลุ่มตัวอย่าง .....                                                                                                                                 | 38 |
| ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย.....                                                                                                                               | 38 |
| การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....                                                                                                                     | 40 |
| ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อ<br>ส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม.....     | 41 |
| วิธีการหาคุณภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา<br>เคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ..... | 50 |
| ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา .                                                                           | 53 |
| วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา<br>.....                                                                   | 54 |
| ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ                                                                                    | 56 |
| วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดอย่างมี<br>วิจารณญาณ.....                                                             | 58 |
| ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์ .....                                                                                   | 59 |
| วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิด<br>สร้างสรรค์ .....                                                                 | 61 |

|                                                                                                              |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการสื่อสารและ การทำงาน<br>ร่วมกับผู้อื่น .....              | 62  |
| วิธีการหาคุณภาพของแบบประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านการสื่อสารและ<br>การทำงานร่วมกับผู้อื่น ..... | 63  |
| ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินชิ้นงาน.....                                                                        | 63  |
| วิธีการหาคุณภาพของแบบประเมินชิ้นงาน.....                                                                     | 64  |
| แบบแผนการทดลอง .....                                                                                         | 65  |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล .....                                                                                    | 65  |
| การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                                 | 66  |
| บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                                           | 68  |
| ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....                                                                                   | 68  |
| บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....                                                                 | 79  |
| ความมุ่งหมายของงานวิจัย.....                                                                                 | 79  |
| สมมติฐานในการวิจัย.....                                                                                      | 79  |
| วิธีดำเนินการวิจัย.....                                                                                      | 80  |
| สรุปผลการวิจัย.....                                                                                          | 84  |
| อภิปรายผลการวิจัย .....                                                                                      | 84  |
| ข้อเสนอแนะ .....                                                                                             | 90  |
| บรรณานุกรม .....                                                                                             | 91  |
| ภาคผนวก.....                                                                                                 | 96  |
| ประวัติผู้เขียน.....                                                                                         | 146 |

## สารบัญตาราง

### หน้า

|                                                                                                                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....                                                                                                                                                                    | 39 |
| ตาราง 2 แสดงการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายของกลุ่มควบคุม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี .40                                                                                                                                                                                      |    |
| ตาราง 3 แสดงตัวอย่างการบูรณาการเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแบบสะเต็มศึกษา .....                                                                                                                                                        | 42 |
| ตาราง 4 แสดงองค์ประกอบของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....                                                                                                                                                                               | 55 |
| ตาราง 5 แสดงแบบแผนการทดลองแบบ Nonrandomized Control Group Pretest-Posttest..                                                                                                                                                                                                   | 65 |
| ตาราง 6 แสดงร้อยละของนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดสูงกว่าร้อยละ 50 และ จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดต่ำกว่าร้อยละ 50 จากแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ..... | 69 |
| ตาราง 7 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดก่อนเรียนกับหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา.....                                             | 70 |
| ตาราง 8 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดก่อนเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา.....                                                                                                                                                  | 70 |
| ตาราง 9 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดหลังเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา.....                                                                                                                                                 | 71 |
| ตาราง 10 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนร้อยละเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา .....                                                  | 72 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตาราง 11 แสดงผลการการเปรียบเทียบคะแนนร้อยละเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนของทักษะการ<br>เรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการ<br>ทำงานร่วมกับผู้อื่นของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มี<br>ผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ..... | 73  |
| ตาราง 12 แสดงผลการการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และ<br>นวัตกรรมของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง .....                                                                                                                                                                                   | 76  |
| ตาราง 13 แสดงผลการการเปรียบเทียบคะแนนร้อยละเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และ<br>นวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับ<br>ผู้อื่นของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง .....                                                                                             | 77  |
| ตาราง 14 แสดงค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มี<br>ผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม<br>ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....                                                                                                | 102 |
| ตาราง 15 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมขององค์ประกอบ<br>กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะใน<br>ศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย .....                                                           | 104 |
| ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มี<br>ผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม<br>ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....                                                                                             | 106 |
| ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อ<br>อัตราการเกิดปฏิกิริยา .....                                                                                                                                                                                           | 108 |
| ตาราง 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม<br>ด้านความคิดสร้างสรรค์.....                                                                                                                                                                                               | 110 |
| ตาราง 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม<br>ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ.....                                                                                                                                                                                          | 111 |
| ตาราง 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินวัดทักษะการเรียนรู้และ<br>นวัตกรรม ด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น.....                                                                                                                                                                          | 112 |
| ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินชิ้นงาน .....                                                                                                                                                                                                                                            | 113 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตาราง 22 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ<br>วัดแนวคิดทางการเรียนเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....                                                                                                                                            | 114 |
| ตาราง 23 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ<br>วัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ .....                                                                                                                                                      | 116 |
| ตาราง 24 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ<br>วัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ .....                                                                                                                                                           | 117 |
| ตาราง 25 แสดงผลการทดสอบแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาก่อนเรียนและ<br>หลังเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา<br>การเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับ<br>มัธยมศึกษาตอนปลาย ..... | 118 |
| ตาราง 26 แสดงผลการทดสอบแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการ<br>เกิดปฏิกิริยาของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการ<br>เกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษา<br>ตอนปลาย .....    | 121 |
| ตาราง 27 แสดงผลการทดสอบแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการ<br>เกิดปฏิกิริยาของนักเรียนกลุ่มควบคุม ที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ .....                                                                                                                                               | 123 |
| ตาราง 28 แสดงผลคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อน<br>เรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่อ<br>อัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับ<br>มัธยมศึกษาตอนปลาย .....    | 125 |
| ตาราง 29 แสดงผลคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและ<br>หลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการ<br>เกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษา<br>ตอนปลาย .....         | 127 |
| ตาราง 30 แสดงผลคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการสื่อสารและการทำงานเป็น<br>ร่วมกับผู้อื่นก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง                                                                                                                          |     |

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ  
นวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ..... 129

ตาราง 31 แสดงผลคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น หลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้  
แบบปกติ ..... 131



## สารบัญรูปภาพ

### หน้า

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย .....                                                                                                           | 7  |
| ภาพประกอบ 2 แสดงจำนวนโมเลกุลที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้น .....                                                                         | 10 |
| ภาพประกอบ 3 แสดงพื้นที่ผิวที่เพิ่มของสาร ส่งผลให้มีโอกาสในการปฏิกิริยามากขึ้น .....                                                            | 11 |
| ภาพประกอบ 4 กระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า .....                                                                                                     | 13 |
| ภาพประกอบ 5 กระบวนการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน .....                                                                   | 15 |
| ภาพประกอบ 6 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม .....                                                                                              | 16 |
| ภาพประกอบ 7 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 .....                                                                                     | 22 |
| ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างแบบทดสอบของทอร์เรนซ์ แบบอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ .....                                                                          | 25 |
| ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างแบบประเมินชิ้นงานของ Besemer and O'Quin .....                                                                              | 28 |
| ภาพประกอบ 10 แสดงแบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบ และเลือกเหตุผล .....                                                                                 | 33 |
| ภาพประกอบ 11 แสดงแบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบ และเขียนอธิบายเหตุผล .....                                                                           | 34 |
| ภาพประกอบ 12 แสดงแบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด .....                                                                                           | 35 |
| ภาพประกอบ 13 แสดงแบบวัดแนวคิดชนิดถูก-ผิดพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ .....                                                                          | 36 |
| ภาพประกอบ 14 แสดงแบบการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง .....                                                                                            | 37 |
| ภาพประกอบ 15 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนเทียบกับความเข้มข้นของ<br>สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และการขัดพื้นผิวโลหะอลูมิเนียม ..... | 43 |
| ภาพประกอบ 16 การชี้แจงกิจกรรมและกิจกรรมการระบุปัญหาจากบทความเรื่องสถานการณ์<br>พลังงาน .....                                                   | 44 |
| ภาพประกอบ 17 การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานทางเลือก แก๊สไฮโดรเจนและการแบ่งหน้าที่<br>ให้สมาชิกในกลุ่ม .....                                   | 45 |
| ภาพประกอบ 18 กิจกรรมการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน .....                                                                                             | 46 |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ภาพประกอบ 19 อุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการปรับปรุงการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน และการวางแผนปรับปรุงการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน .....                                                                                                                                                                        | 47 |
| ภาพประกอบ 20 การหาปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนจากความดันของน้ำที่เหลือในขวด และการคำนวณกำไร-ขาดทุน .....                                                                                                                                                                                              | 48 |
| ภาพประกอบ 21 กิจกรรมการสร้างโมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน .....                                                                                                                                                                                                                            | 49 |
| ภาพประกอบ 22 กิจกรรมการนำเสนอโมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน .....                                                                                                                                                                                                                           | 50 |
| ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดแนวคิด .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 54 |
| ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ .....                                                                                                                                                                                                                               | 57 |
| ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ .....                                                                                                                                                                                                             | 57 |
| ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ .....                                                                                                                                                                                                                                | 60 |
| ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น .....                                                                                                                                                                                                                   | 62 |
| ภาพประกอบ 28 ตัวอย่างแบบประเมินชิ้นงาน .....                                                                                                                                                                                                                                                    | 64 |
| ภาพประกอบ 29 แสดงผลการการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ..... | 74 |
| ภาพประกอบ 30 แสดงกิจกรรมที่ให้นักเรียนประดิษฐ์โมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน และการนำเสนอผลงานที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมา .....                                                                                                                                                                    | 75 |
| ภาพประกอบ 31 แสดงจำนวนนักเรียนนักเรียนที่มีทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละระดับ ที่ได้จากการประเมินชิ้นงานที่นักเรียนได้ประดิษฐ์ขึ้นจากกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม .....             | 75 |
| ภาพประกอบ 32 แสดงผลการการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง .....                                                                                         | 78 |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ปัจจุบันโลกอยู่ในช่วงเปลี่ยนผ่านเข้าสู่โลกในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม ส่งผลให้หลายประเทศเริ่มวางแผนเพื่อเตรียมความพร้อมของทรัพยากรบุคคลเพื่อให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงนี้ จากการรายงานของภาคีพัฒนาทักษะศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning, 2015) พบว่าทักษะที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ 1) การคิดแบบมีวิจารณญาณ (Critical thinking) 2) การสร้างความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) 3) การสื่อสาร (Communication) 4) การทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration) โดยทั้ง 4 ทักษะนี้จะช่วยพัฒนาต่อยอดให้ทรัพยากรบุคคลมีทักษะในด้านการวางแผน การคิดอย่างเป็นระบบ มีความคิดที่ยืดหยุ่น สามารถควบคุมวินัยในตัวเองได้ เป็นต้น ซึ่งทักษะดังกล่าวเป็นทักษะที่จะเป็นที่ต้องการในการทำงานในศตวรรษที่ 21 (National Education Association, 2012)

ในประเทศไทยกระทรวงศึกษาธิการได้จัดทำแผนพัฒนาการศึกษาฉบับที่ 12 ขึ้นมาเพื่อที่จะพัฒนาทรัพยากรบุคคลให้มีทักษะที่จำเป็น สามารถดำรงชีวิตและแข่งขันกับประชากรโลกได้ โดยหนึ่งในแผนงานที่วางแผนไว้เพื่อรับมือกับการเปลี่ยนแปลงคือการส่งเสริมให้มีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559) ซึ่งเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และบูรณาการความรู้ทางด้าน วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) กระบวนการทางวิศวกรรม (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) โดยสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงงานเพื่อส่งเสริมกระบวนการคิด ความคิดสร้างสรรค์ การเชื่อมโยงความรู้หลายสาขา นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) ผู้เรียนได้เรียนรู้ข้อมูลที่สำคัญและจำเป็นเพื่อนำมาแก้ไขปัญหา หรือสร้างนวัตกรรม ส่งผลให้ผู้เรียนได้ฝึกฝนการใช้ทักษะในการคิดวิเคราะห์และประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้เรียนรู้มา (Critical thinking & creativity) การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษายังเน้นรูปแบบการทำงานเป็นกลุ่มซึ่งผู้เรียนจะได้ฝึกทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Collaboration) และฝึกทักษะการสื่อสาร (Communication) เพื่อที่จะช่วยกันหาแนวทางในการแก้ไขปัญหา อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลด้วยตัวเอง ส่งผลให้ผู้เรียนนั้นได้ฝึกฝนการคัดเลือกข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จาก

หลายแหล่งที่มา (Beer, 2011) จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผู้เรียนสามารถเรียนรู้และฝึกฝนทักษะที่สอดคล้องกับทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21

ใน ปัจจุบันประเทศไทยเริ่มมีการศึกษาและวิจัยเพื่อพัฒนาบทเรียนให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาการศึกษาฉบับที่ 12 ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามากขึ้น โดยเฉพาะในสาขาวิชาเคมี เช่น การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาในเรื่องสารชีวโมเลกุล:โปรตีนและลิพิด พบว่าสามารถส่งเสริมทักษะทางด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะด้านชีวิตและอาชีพได้ (เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ.2559) การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน พบว่าสามารถส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และแก้ปัญหาได้ (กนกทิพย์ ยาทองไชย, 2559) จากงานวิจัยผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าสามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ และสร้างความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ได้ (นุรอานี กิ่งสาและ, 2558) เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษาสามารถตอบสนองการพัฒนาทักษะที่สำคัญให้กับผู้เรียนได้ แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้จะมีงานวิจัยและการพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาที่มากขึ้นในเนื้อหาวิชาเคมี แต่ก็พบว่ากิจกรรมสะเต็มส่วนใหญ่ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรม รวมถึงขาดการให้เน้นผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิดและแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญในการขับเคลื่อนประเทศไทยตามนโยบายไทยแลนด์ 4.0 และยังสอดคล้องกับสาระสำคัญของแผนการศึกษาแห่งชาติที่ต้องการให้ประเทศไทยขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรมและความคิดสร้างสรรค์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2559)

จากปัญหาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในหัวข้อเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งเป็นหนึ่งในเนื้อหาวิชาเคมีที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสร้างสรรค์นวัตกรรมได้ในด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพชิ้นงาน เช่นการลดระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา เพิ่มปริมาณสารที่ต้องการในเวลาที่กำหนด โดยกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีจุดประสงค์ เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมแก่ผู้เรียน อีกทั้งเพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น โดยมีการบูรณาการเข้ากับเรื่องพลังงานทางเลือก ซึ่งเป็นสถานการณ์หลักของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนได้ตระหนักถึงแหล่งพลังงานในปัจจุบันที่กำลังจะหมดไปในอนาคต รวมถึงการคิดสร้างสรรค์นวัตกรรมด้านพลังงาน และเพื่อเป็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในระดับชั้นมัธยมปลายตามแผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ

### ความมุ่งหมายของงานวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. พัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ให้สามารถส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ทางด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เปรียบเทียบแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก่อนกับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เปรียบเทียบแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับกลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย
4. เปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ทางด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนกับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
5. เปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับกลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ออกแบบและสร้างสรรค์นวัตกรรมฝึกกระบวนการคิดและแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม รวมถึงช่วยให้ผู้เรียนเกิดแนวโน้มในเนื้อหาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น

### ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มการเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 310 คน โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มทดลอง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง 1 ห้อง ห้องละ 33 คน

กลุ่มควบคุม

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง 1 ห้อง ห้องละ 33 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

2. ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา แนวคิดของนักเรียนเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

เนื้อหา

เนื้อหาในกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้แก่ พื้นที่ผิว และความเข้มข้น สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามที่ระบุไว้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงปี 2560

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 จำนวน 12 คาบ เป็นเวลา 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ

### นิยามศัพท์เฉพาะ

1. สะเต็มศึกษา หมายถึง สะเต็มศึกษา หมายถึง วิธีการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นให้ผู้เรียนบูรณาการ เชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อเร่งปฏิกิริยาของการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน การออกแบบและสร้างสรรค์โมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

2. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หมายถึง กิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชา โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเป็นขั้นตอนในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจนและการสร้างสรรค์นวัตกรรมจากพลังงานทางเลือก ดังนี้

วิศวกรรม (E) หมายถึง การวางแผนและออกแบบกระบวนการผลิตแก๊สไฮโดรเจน เพื่อให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนได้แก่

1. ระบุปัญหา: พลังงานฟอสซิลที่มีอยู่อย่างจำกัดกำลังจะหมดลง จึงต้องหาแหล่งพลังงานทางเลือกมาทดแทน

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง: แหล่งพลังงานทางเลือก และวิธีการนำไปใช้งาน

3. ออกแบบการแก้ปัญหา: ออกแบบการผลิตแก๊สไฮโดรเจน และการนำแก๊สไฮโดรเจนไปใช้

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา: ดำเนินการผลิตแก๊สไฮโดรเจน และออกแบบโมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน

5. ทดสอบและปรับปรุงแก้ไข: ปรับปรุงการผลิตแก๊สไฮโดรเจน และปรับปรุงโมเดลที่ออกแบบขึ้น

6. นำเสนอผลการแก้ปัญหา: นำเสนอโมเดลต้นแบบที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน และวิธีการผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่ดีที่สุด

วิทยาศาสตร์ (S) หมายถึง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากอลูมิเนียมเหลือใช้

เทคโนโลยี (T) หมายถึง การสืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีเพื่อแสวงหาข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานทดแทน และสร้างแบบจำลองสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน

คณิตศาสตร์ (M) หมายถึง การคำนวณต้นทุน กำไร ในการผลิตเพื่อหาวิธีการผลิตที่ได้กำไรมากที่สุด การวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น การชั่งตวงปริมาณสาร การคำนวณปริมาตรของรูปทรงเรขาคณิต

โดยกิจกรรมสะเต็มศึกษานี้จะประกอบด้วย

1. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ประกอบด้วย 1 หน่วยการเรียนรู้หลัก คือ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

2. คู่มือครูของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ คำชี้แจงของกิจกรรมสะเต็มศึกษา

3. ประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา หมายถึง เมื่อจัดการเรียนรู้ของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับนักเรียนแล้วนักเรียนตั้งแต่ร้อยละ 80 มีคะแนนแนวคิดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ของแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. แนวคิด หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี โดยเกิดจากประสบการณ์เดิม หรือการเรียนรู้จากข้อมูลที่มีอยู่ นำมาซึ่งการรวบรวมจนได้ใจความสำคัญของเรื่องนั้น โดยในการวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยใช้แบบทดสอบ ประเภทเลือกตอบ ถูก หรือ ผิด พร้อมเขียนอธิบายเหตุผลจำนวน 20 ข้อ และแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน 1 ข้อ

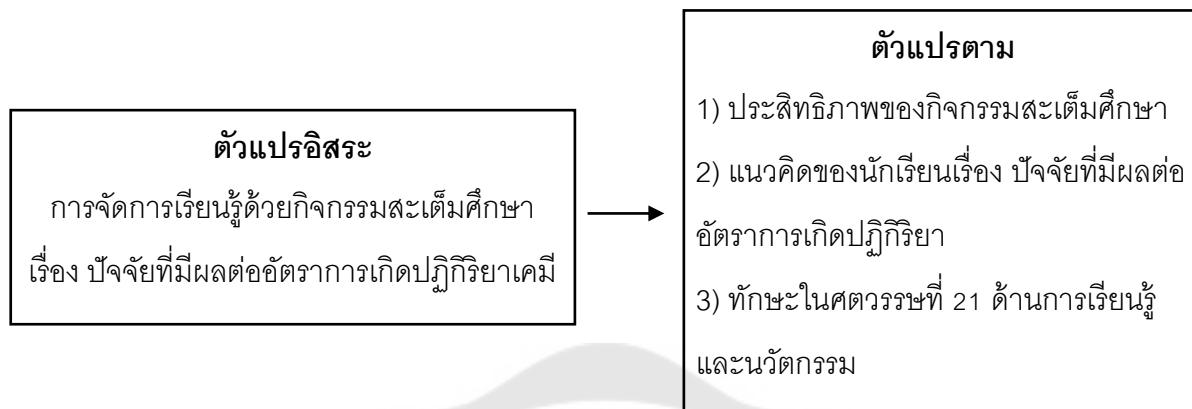
5. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม หมายถึง ทักษะที่จะเป็นตัวช่วยในการใช้ชีวิตและการทำงานในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 3 ทักษะย่อย ได้แก่

1. ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) หมายถึง การปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้ ความคิด และกระบวนการที่หลากหลาย ของแต่ละบุคคลหรือกลุ่มบุคคล เพื่อสร้างผลงานที่แปลกใหม่ ในการวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ในงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบสถานการณ์แบบเขียนตอบทั้งหมด 3 ข้อ

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ การประเมินผล ไตร่ตรอง โดยใช้เหตุผล ข้อเท็จจริง หลักฐาน และข้อมูล ซึ่งอาจต้องผ่านกระบวนการทดลอง ทดสอบ หรือตรวจสอบก่อน เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและเหมาะสม โดยในงานวิจัยนี้วัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ 1) การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ 2) การคิดตัดสินใจ 3) การแก้ปัญหา ในการวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบสถานการณ์แบบเขียนตอบทั้งหมด 3 ข้อ โดยอ้างอิงมาจากกนกทิพย์ ยาทองไชย (2559)

3. การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Communication and Collaboration) โดยการสื่อสาร หมายถึง การแสดงความคิดผ่านการพูด การเขียน การใช้ท่าทาง น้ำเสียง สายตา และวัตถุ มีความสามารถในการตีความจากการฟัง รวมทั้งใช้การสื่อสารเพื่อจุดประสงค์ที่หลากหลาย และการทำงานร่วมกับผู้อื่น หมายถึง การแสดงความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเคารพในความแตกต่างทั้งด้านความคิดและพฤติกรรมของสมาชิกในทีม และแสดงถึงความคิดยืดหยุ่นและเต็มใจที่จะช่วยให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้แบบประเมินที่ดัดแปลงมาจาก career and technical education ในการวัดทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

## กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดการวิจัย

## สมมติฐานในการวิจัย

- เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม นักเรียนตั้งแต่ร้อยละ 80 มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50
- นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย
- นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
- นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา สาระการเรียนรู้วิชาเคมี ที่เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.2 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. พลังงานจากแก๊สไฮโดรเจน

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

3.2 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3.3 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

3.4 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

4.1 องค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21

4.2 ความคิดสร้างสรรค์

4.3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

4.4 การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5. แนวคิด

5.1 ความหมายของแนวคิด

5.2 องค์ประกอบของแนวคิด

5.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน

5.4 แบบวัดแนวคิด

## 1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา สาระการเรียนรู้วิชาเคมี ที่เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี: ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ถูกปรับปรุงมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ในพุทธศักราช 2560 เพื่อให้การจัดการศึกษามีคุณภาพระดับสากล สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรม สภาพแวดล้อมและความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ได้มีการปรับปรุงตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่จำเป็นต้องใช้ อีกทั้งยังส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิดที่เป็นเหตุผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีทักษะที่สำคัญในศตวรรษที่ 21 สามารถค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ด้วยการสืบเสาะหาความรู้ แก้ไขปัญหาอย่างเป็นระบบ ตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายได้

สำหรับการวิจัยนี้ได้ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ในสาระเคมีที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ชุดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา: ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยมีผลการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องคือ 1) ทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา 3) ยกตัวอย่าง และอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

### 1.2 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หมายถึง การวัดความเร็วของการลดลงของสารตั้งต้น หรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ โดยจะแสดงอยู่ในรูปสัดส่วนเชิงปริมาณต่อเวลา (วินาที, นาที หรือ ชั่วโมง) (Chang, 2008)

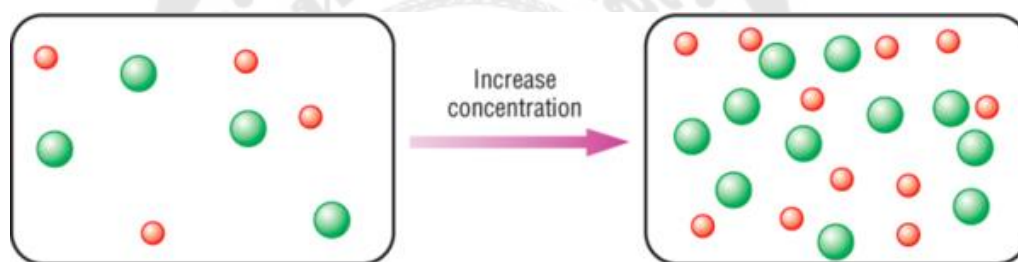
$$\begin{aligned} \text{อัตราการเกิดปฏิกิริยา} &= \frac{\text{ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่ลดลง}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}} \\ &= \frac{\text{ความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้น}}{\text{ระยะเวลาที่เกิดปฏิกิริยา}} \end{aligned}$$

### 1.3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

หนังสือเรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่มที่ 3 ที่สสวท.ได้จัดทำขึ้น (2554:19-28) ระบุถึงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีไว้ 4 ปัจจัย ได้แก่ ความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา โดยในในงานวิจัยนี้ได้เลือกจัดทำชุดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของสาร เนื่องจากเป็นปัจจัยที่สามารถทำการทดลองได้ง่าย และเหมาะสมกับระยะเวลาในการทำกิจกรรม ปัจจัยด้านความเข้มข้นและพื้นที่ผิวมีรายละเอียดดังนี้

#### 1.3.1 ความเข้มข้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การเพิ่มความเข้มข้นส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเนื่องจากระบบมีจำนวนโมเลกุลมากขึ้นจากความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น ส่งผลโอกาสที่โมเลกุลของสารจะชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยามีมากขึ้น จึงส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าสูงขึ้น

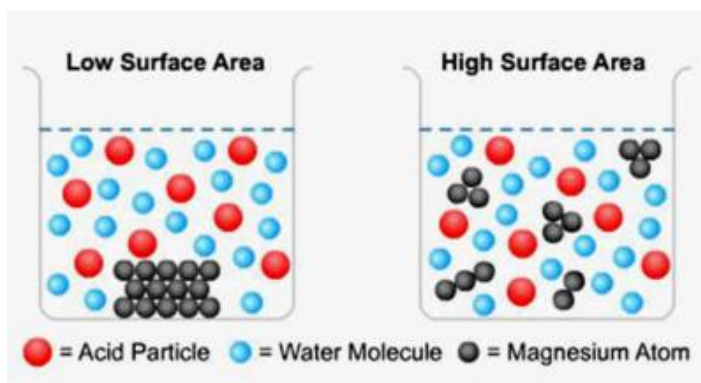


ภาพประกอบ 2 แสดงจำนวนโมเลกุลที่เพิ่มมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้น

ที่มา: ออนไลน์. (2561). <https://www.pathwayz.org/Tree/Plain/RATES+OF+REACTION+-+FACTORS>

#### 1.3.2 พื้นที่ผิวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา

สารที่มีลักษณะเป็นของแข็ง จะสามารถเกิดปฏิกิริยาได้เฉพาะบริเวณพื้นที่ผิวดังนั้นการเพิ่มพื้นที่ผิวจะส่งผลให้สามารถมีโอกาสในการชนกันแล้วเกิดปฏิกิริยาได้มากขึ้น จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าเพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 3 แสดงพื้นที่ผิวที่เพิ่มของสาร ส่งผลให้มีโอกาสในการปฏิริยามากขึ้น

ที่มา: ออนไลน์. (2561). <https://www.pathwayz.org/Tree/Plain/RATES+OF+ REACTION+-+FACTORS>

#### 1.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สุภาพ ตาเมือง (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจในเคมีของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการทดลองแบบสืบเสาะ พบว่าการทดลองแบบสืบเสาะที่พัฒนาขึ้น เรื่อง การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่มีแก๊ส  $\text{CO}_2$  เป็นผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิคการแทนที่น้ำ สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจในเคมีที่สอดคล้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

กรไกร ภูมิใสว (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาศักยภาพการปฏิบัติเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่าผลการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้บทปฏิบัติการเคมีกับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.053 และ 0.054 ตามลำดับ

กมลทิพย์ บริบูรณ์ (2558) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสาธิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แตกต่างกันในการสอบก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยนัยสำคัญทางสถิติระดับ 0.5 ความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้นอยู่ใน

ระดับสูง (ค่าจีเท่ากับ 0.70) และนักเรียนมีความพึงพอใจระดับมากที่สุดต่อเทคนิคการสอนแบบ  
สาธิต (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54)

สุนิตย์ บุญเพ็ง (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี  
ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลาย ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบ  
สืบเสาะ พบว่าหลังการจัดการเรียนรู้ นักเรียนร้อยละ 45.35 มีแนวความคิดถูกต้อง โดยเนื้อหาที่  
นักเรียนมีแนวความคิดถูกต้องมากที่สุดคือ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา  
เคมี และเนื้อหาที่นักเรียนมีแนวความคิดถูกต้องน้อยที่สุดคือ การคำนวณเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา  
เคมี

จินดา พรหมณัฐ (2554) ได้ศึกษาการพัฒนาความเข้าใจเรื่องอัตราการ  
เกิดปฏิกิริยาเคมีและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรม  
การเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นพื้นฐาน พบว่านักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องมากขึ้นหลังจากการใช้  
กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นพื้นฐาน โดยแนวคิดที่นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องมากที่สุดคือ  
แนวคิดเรื่องพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา และยังพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีเจตคติต่อการ  
เรียนวิชาเคมีอยู่ในระดับดีทั้งด้านลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้และประโยชน์ที่ได้รับจากการ  
เรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นพื้นฐาน

Cybulskis, Ribeiro, and Gounder (2016) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดย  
ใช้ปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ สำหรับสอนเนื้อหาเรื่องตัวเร่งปฏิกิริยาใน  
ระดับชั้น K-12 พบว่านักเรียนได้สามารถสรุปความสัมพันธ์ของความเข้มข้นต่ออัตราการ  
เกิดปฏิกิริยาได้จากการทดลอง และสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาไปยังวิชาอื่นๆได้ อีกทั้งกิจกรรมที่  
ออกแบบยังสามารถฝึกทักษะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้อีกด้วย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการ  
เกิดปฏิกิริยา: ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้  
ผู้เรียนได้สืบเสาะและลงมือปฏิบัติสามารถในการพัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียน ดังนั้นใน  
งานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาในส่วนของกิจกรรมการผลิตแก๊สไฮโดรเจน โดย  
เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง เพื่อพัฒนาแนวคิดของผู้เรียนในเรื่อง  
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

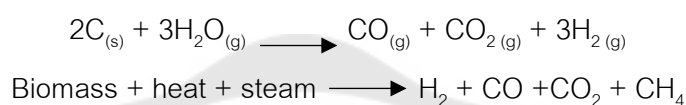
## 2. พลังงานจากแก๊สไฮโดรเจน

### 2.1 การผลิตแก๊สไฮโดรเจน

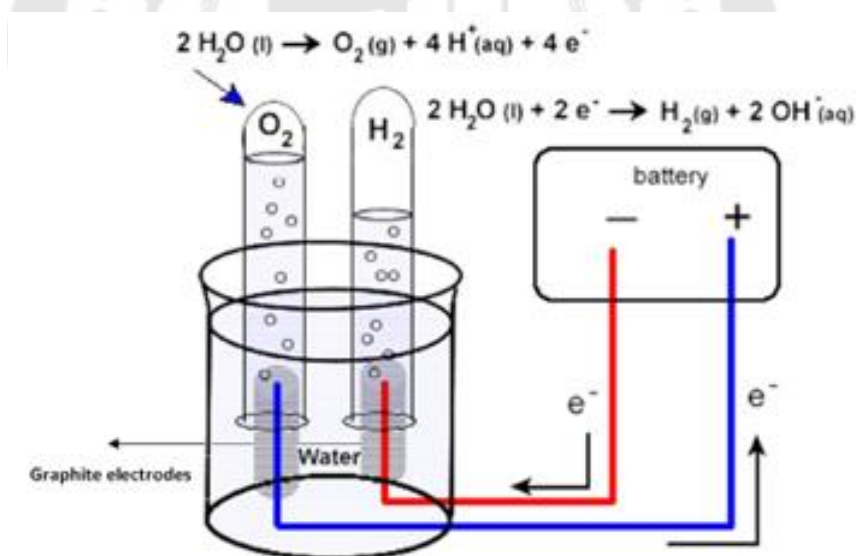
การผลิตสามารถทำได้หลากหลายวิธีมาก (Kumar, 2015) ยกตัวอย่างเช่น

### 2.1.1 กระบวนการความร้อนเคมี (Thermo Chemical Process)

ไฮโดรเจนสามารถผลิตได้โดยวิธีทางเคมีโดยใช้ความร้อน(เผาไหม้) มีวัตถุดิบหลักที่เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน เช่น แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน ชีวมวล เป็นต้นผลิตภัณฑ์ที่ได้ คือ ไฮโดรเจน( $H_2$ ), คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) คาร์บอนไดออกไซด์ ( $CO_2$ ) และ มีเทน ( $CH_4$ ) จากนั้นจะผ่านกระบวนการเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ไฮโดรเจนที่บริสุทธิ์ขึ้น ซึ่งการผลิตไฮโดรเจนโดยกระบวนการความร้อนเคมี ได้แก่ กระบวนการรีฟอร์มมิ่งด้วยไอน้ำ (Steam Reforming) กระบวนการแก๊สซิฟิเคชัน (Gasification)



2.1.2 กระบวนการไฟฟ้าเคมี (Electro Chemical Process) เป็นการใช้ไฟฟ้าเพื่อแยกน้ำเพื่อให้ได้ไฮโดรเจนและออกซิเจน โดยไฟฟ้าที่มาจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทุกชนิดสามารถใช้ได้กับกระบวนการนี้ ไม่ว่าจะเป็นไฟฟ้าจากแหล่งพลังงานหมุนเวียน รวมทั้งจากพลังงานนิวเคลียร์



ภาพประกอบ 4 กระบวนการแยกน้ำด้วยไฟฟ้า

ที่มา: ออนไลน์.(2561). [https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory\\_Chemistry/Map%3A\\_Introductory\\_Chemistry\\_\(Tro\)/16%3A\\_Oxidation\\_and\\_Reduction/16.7%3A\\_Electrolysis%3A\\_Using\\_Electricity\\_to\\_Do\\_Chemistry](https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Introductory_Chemistry/Map%3A_Introductory_Chemistry_(Tro)/16%3A_Oxidation_and_Reduction/16.7%3A_Electrolysis%3A_Using_Electricity_to_Do_Chemistry).

2.1.3 กระบวนการชีวเคมี (Bio Chemical Process) กระบวนการนี้เป็นการผลิตไฮโดรเจนโดยอาศัยกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก หรือจุลินทรีย์ และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน ซึ่งสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กเหล่านี้จะเปลี่ยนสารตั้งต้นให้เป็นไฮโดรเจน อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยังมีข้อเสียคือ มีประสิทธิภาพต่ำความสามารถในการผลิตถูกจำกัดด้วยความเข้มแสงที่ได้รับ

2.1.4 ปฏิกิริยาของโลหะกับเบส (Metal reaction) กระบวนการนี้เป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับไฮดรอกไซด์ ซึ่งจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สไฮโดรเจน โดยโลหะอะลูมิเนียมเป็นโลหะที่ได้รับความสนใจมากที่สุด เนื่องจากเป็นโลหะที่พบมากในโลก อีกทั้งปฏิกิริยายังมีความปลอดภัยสูง



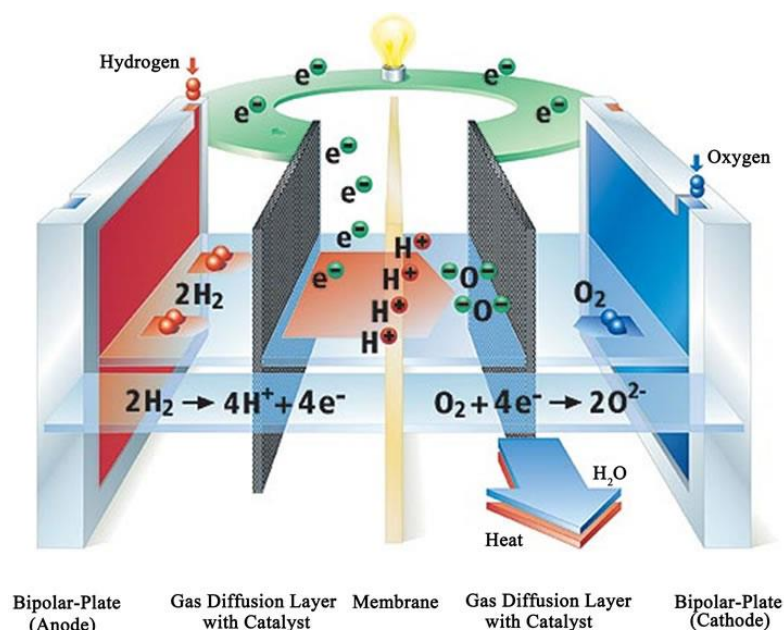
## 2.2 ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน

ไฮโดรเจนสามารถนำมาใช้เป็นสารตั้งต้นในอุตสาหกรรมต่างๆ ใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ หรือใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงโดยปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดกระแสไฟฟ้า ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทั้งการขับเคลื่อนรถยนต์ และผลิตกระแสไฟฟ้า

## 2.3 เซลล์เชื้อเพลิง

เซลล์เชื้อเพลิงเป็นกระบวนการเปลี่ยนพลังงานเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยหนึ่งในเซลล์เชื้อเพลิงที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน (Proton Exchange Membrane Fuel Cell, PEMFC) เนื่องจากมีคุณสมบัติในการทำงานที่ไม่สูงมากนัก และราคาที่ไม่แพงเมื่อเทียบกับเซลล์เชื้อเพลิงชนิดอื่น รวมถึงมีประสิทธิภาพที่สูง (35–60%) เชื้อเพลิงที่ใช้คือ ไฮโดรเจน (บริสุทธิ์ที่ 99.99%) และอากาศ ปัจจุบันนำมาประยุกต์ใช้งานด้านต่างๆ กันอย่างแพร่หลาย โดยเฉพาะการนำมาเป็นแหล่งพลังงานขับเคลื่อน สำหรับรถยนต์ หรือรถโดยสารสาธารณะ รวมถึงเป็นแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าขนาดเล็กเพื่อใช้ภายในที่อยู่อาศัย เป็นต้น

ดังนั้นผู้วิจัยพบว่าการการผลิตแก๊สไฮโดรเจนสามารถผลิตได้หลายวิธี ได้แก่ กระบวนการความร้อนเคมี กระบวนการไฟฟ้าเคมี กระบวนการชีวเคมี และปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับเบส โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกปฏิกิริยาระหว่างโลหะอะลูมิเนียมกับเบสไฮดรอกไซด์เป็นส่วนหนึ่งของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เนื่องจากมีความปลอดภัยสูง สามารถจัดหาอุปกรณ์ได้ง่าย



ภาพประกอบ 5 กระบวนการทำงานของเซลล์เชื้อเพลิงแบบเมมเบรนแลกเปลี่ยนโปรตอน

ที่มา: Daniel Garraín. (2554). Polymer Electrolyte Membrane Fuel Cells (PEMFC) in Automotive Applications: Environmental Relevance of the Manufacturing Stage p.69.

### 3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

#### 3.1 ความหมายของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา คือแนวทางการจัดการศึกษามีพื้นฐานมาจากการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าไว้ด้วยกัน โดยเน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจในทฤษฎีและกฎต่างๆผ่านการบวนการแก้ปัญหาและปฏิบัติที่สอดคล้องกับชีวิตจริง (Force, 2014; สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

#### 3.2 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2558) นำเสนอว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการการเรียนรู้ในสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกเข้ากับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้สร้างความรู้ความเข้าใจในด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี จากนั้นนำความรู้ความเข้าใจที่ได้มาแก้ไขปัญหามีเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนตระหนักถึงสิ่งที่  
เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าว

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลสำหรับการแก้ไขปัญห โดยเป็นการรวบรวมข้อมูล  
จากหลายๆแนวคิดหรือแหล่งข้อมูล แล้วพิจารณาถึงความเป็นไปได้ ข้อดีและจุดอ่อน ความ  
เหมาะสมกับเงื่อนไขและขอบเขตของปัญหา

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำความรู้/  
แนวคิด ที่ได้รวบรวมมาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็น  
ขั้นตอนที่ผู้เรียนกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหา ระยะเวลาในการดำเนินการ เพื่อนำไปทดลองใช้  
แก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation  
and Design Improvement) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนทดสอบและประเมินการใช้งานวิธีการแก้ปัญหา  
หรือสิ่งประดิษฐ์ และผลที่ได้จากการทดสอบอาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาเพื่อให้ผลงาน  
มีประสิทธิภาพมากขึ้น

6. นำเสนอผลการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนนำเสนอ  
ผลลัพธ์ที่ได้หลังจากปรับปรุงและพัฒนาผลงานจนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว

โดยในการปฏิบัติจริงไม่จำเป็นต้องทำตามลำดับแน่นอน สามารถสลับไปมาหรือ  
ย้อนกลับขั้นตอนได้ ดังแสดงในภาพประกอบที่ 6.



ภาพประกอบ 6 แสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา p.17.

Jolly (2014) เสนอว่า ในออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้นควรมี 6 ลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้

1. มุ่งเน้นไปที่ปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง
2. มีพื้นฐานการแก้ไขปัญหามาจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
3. นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสืบเสาะความรู้
4. ส่งเสริมให้เกิดกระบวนการทำงานร่วมกับผู้อื่น
5. มีการเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เพื่อแก้ไขปัญหา

6. ปัญหาที่กำหนดมีคำตอบที่ถูกต้องหลากหลาย และมีกระบวนการแก้ไขคำตอบที่คลาดเคลื่อน

การนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน สามารถทำได้ 3 แนวทาง ได้แก่

1. จัดกิจกรรมสอดแทรกตามเนื้อหาที่เกี่ยวข้องภายในคาบเรียน มักเป็นกิจกรรมที่สามารถเสร็จสิ้นภายในคาบเรียนได้ โดยผู้สอนสามารถพิจารณาจากตัวชี้วัดของกิจกรรม หรือ จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อตัดสินใจในการนำกิจกรรมไปสอดแทรกในแต่ละคาบเรียน

2. จัดกิจกรรมในรายวิชาเพิ่มเติม ที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา หรือการทำโครงการ โดยจะเหมาะสมกับกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ใช้เวลาในการดำเนินกิจกรรมมาก มีความซับซ้อน โดยข้อดีของการจัดกิจกรรมในระยะเวลานานคือผู้สอนสามารถดูแล และจัดหาอาจารย์ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาเพื่อให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา และการสร้างชิ้นงานได้

3. จัดกิจกรรมรูปแบบกิจกรรมนอกห้องเรียน เช่น ชุมนุม ชมรม ค่าย มักเป็นกิจกรรมที่มีหัวข้อที่เกี่ยวกับการแก้ปัญหาต่างๆ เช่น สิ่งแวดล้อม การอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม การสร้างนวัตกรรม ซึ่งมีข้อดีคือสามารถทำกิจกรรมได้ตลอดเวลาและต่อเนื่อง

จากรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการนำความรู้ความเข้าใจมาแก้ไขปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน โดยเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและสืบเสาะความรู้ ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยมีสถานการณ์จำลองเกี่ยวกับ ปัญหาพลังงานเชื้อเพลิงที่กำลังจะหมดลงในอนาคต

### 3.3 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่สอดคล้องกับปัญหาที่พบได้ในชีวิตจริง เป็นการส่งเสริมการสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม (กมลฉัตร กล่อมอิม, 2559) ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558)

1. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรม เป็นพื้นฐาน
2. ผู้เรียนเข้าใจและสนใจการประกอบอาชีพด้านสะเต็มศึกษามากขึ้น
3. ผู้เรียนเข้าใจกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
4. หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา
5. ส่งเสริมการเรียนรู้และเชื่อมโยงระหว่าง 8 กลุ่มสาระวิชา
6. สร้างกำลังคนด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ

Lantz (2009) ได้สรุปผลที่ได้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. ผู้เรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง สามารถสร้างแรงกระตุ้นในการพัฒนาตนเอง มีแรงจูงใจในการพัฒนาความรู้มากขึ้น
2. ผู้เรียนสามารถเข้าใจความคิดเป็นเหตุและผล และตรรกะผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์
3. ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถวิเคราะห์สถานการณ์ที่เกิดเพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตที่จะศึกษา เพื่อเป็นพื้นฐานสู่การออกแบบทางวิศวกรรม ในการสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ
4. ผู้เรียนมีความเข้าใจและสามารถประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม
5. ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา ตั้งคำถาม และออกแบบกระบวนการแก้ปัญหา ลงข้อสรุป โดยใช้ทักษะความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์
6. ผู้เรียนมีความสามารถในการออกแบบ ทำการทดลอง และประดิษฐ์ จากการบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง และการสร้างนวัตกรรม

จากประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ สามารถเชื่อมโยงความรู้ต่างสาขาวิชา มีความเชื่อมั่นในตนเองมากขึ้น

### 3.4 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การวัดผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะเน้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงของผู้เรียน เนื่องจากสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติ ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558)

1. การประเมินจากสภาพจริง (Authentic assessment) คือ การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออก ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิด กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ไขปัญหา โดยการประเมินจะใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย เช่น การสังเกตการแสดงออก(รายบุคคล/กลุ่ม), ผลงาน, การสัมภาษณ์, บันทึกของผู้เรียน, ผลประเมินภาคปฏิบัติ, ผลประเมินด้านความสามารถ, แฟ้มสะสมงาน และการทดสอบ

2. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance assessment) คือ การประเมินความสามารถของผู้เรียนจากการแสดงออกโดยตรง จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นสถานการณ์จริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนสามารถทำให้หลายแนวทาง เช่น

2.1 การมอบหมายงานให้ทำ โดยงานที่ได้รับมอบหมายมีความสัมพันธ์กับหลักสูตร และชีวิตจริงของผู้เรียน

2.2 การกำหนดชิ้นงาน ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ

2.3 การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษา แล้วปฏิบัติตามขั้นตอนให้เหมือนหรือดีกว่า

2.4 การสร้างสถานการณ์จำลองให้สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน แล้วให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ หรือแก้ปัญหา

2.5 การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน ซึ่งจะเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และการบวนการคิดระดับสูง โดยมีลักษณะเป็นการสร้างสถานการณ์ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงให้ผู้เรียนตอบ

จากการศึกษาการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยเลือกใช้การประเมินตามสภาพจริงโดยแบบประเมินการทำงานร่วมกับผู้อื่น และการประเมินผลด้านความสามารถจากการทดสอบโดยใช้แบบทดสอบแบบเขียนตอบสำหรับการวัดผลด้านแนวคิด ทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

### 3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

อนิตา รัชเวทย์ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยคะแนนร้อยละ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 และนักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมอยู่ในระดับดีมาก จากการประเมินทั้งหมด 3 ด้าน ได้แก่ 1) การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา 2) การสื่อสารและการมีส่วนร่วม 3) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ธีรภา ไชยเดช (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ โดยนักเรียนร้อยละ 95.8 มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงหลังจากการจัดการเรียนรู้

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น มีการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาสูงขึ้น

เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนมีค่าสูงขึ้นจากก่อนเรียน และนักเรียนมีทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีอยู่ในระดับดีเยี่ยม และทักษะชีวิตและอาชีพอยู่ในระดับดีมาก

Ruthven et al. (2010) ได้ศึกษาผลการปรับปรุงการสอนแบบสะเต็มเพื่อพัฒนาการเรียนการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นที่มีส่วนร่วมในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กายภาพและคณิตศาสตร์ โดยมีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาเจตคติและความรู้ของนักเรียน พบว่าเจตคติของนักเรียนมีค่าดีขึ้น และพัฒนาการทางความรู้ของนักเรียนมีค่าสูงขึ้น

Laboy-Rush (2011) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผ่านการจัดกิจกรรมโดยใช้โครงงานเป็นฐาน ให้ทำโครงงานเรื่องดาวอังคารในจินตนาการ โดยเริ่มจากการตรวจสอบความรู้พื้นฐาน ศึกษาค้นคว้าข้อมูล ออกแบบโมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนแนวคิดของผลงานที่นักเรียนออกแบบกันเพื่อน ๆ พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้และทักษะสู่การแก้ไขปัญหาในชีวิตจริงที่พบได้ อีกทั้งยังสร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ และพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์

Marle et al. (2014) ได้ศึกษาเรื่องการจัดค่ายวิทยาศาสตร์ ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา โดยกำหนดสถานการณ์เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นในโรงงานช็อคโกแลต แล้วให้นักเรียนที่เข้าค่ายแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ผลวิจัยพบว่า นักเรียนได้รับแรงกระตุ้นทางวิทยาศาสตร์ มีความมั่นใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ มีความรู้ทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยพบว่า การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สามารถพัฒนาในด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม รวมถึงการส่งเสริมความมั่นใจในความรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้

#### 4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

##### 4.1 องค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21

ภาคีพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Learning, 2015) ได้ระบุทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ไว้ 3 ทักษะได้แก่

4.1.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) เป็นทักษะที่จะเป็นตัวช่วยในการใช้ชีวิตและการทำงานในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 4 ทักษะย่อย (4C) ได้แก่

1. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)
2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (Critical thinking and problem solving)
3. การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Communication and Collaboration)

4.1.2 ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology skills) เป็นทักษะที่ช่วยให้สามารถรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีที่รวดเร็ว สามารถเข้าถึงแหล่งข้อมูลและสื่อใหม่ๆที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลาได้ ประกอบด้วย 3 ทักษะย่อย ได้แก่

1. ความรู้ด้านสารสนเทศ (Information Literacy)

2. ความรู้ด้านสื่อ (Media Literacy)

3. ความรู้ด้านเทคโนโลยี (ICT Literacy)

4.1.3 ทักษะชีวิตและอาชีพ (Life and Career Skills) ในการดำรงชีวิตและการทำงานให้ประสบความสำเร็จ ผู้เรียนจะต้องพัฒนาทักษะ 5 ทักษะย่อย ได้แก่

1. ความยืดหยุ่นและการปรับตัว (Flexibility and Adaptability)

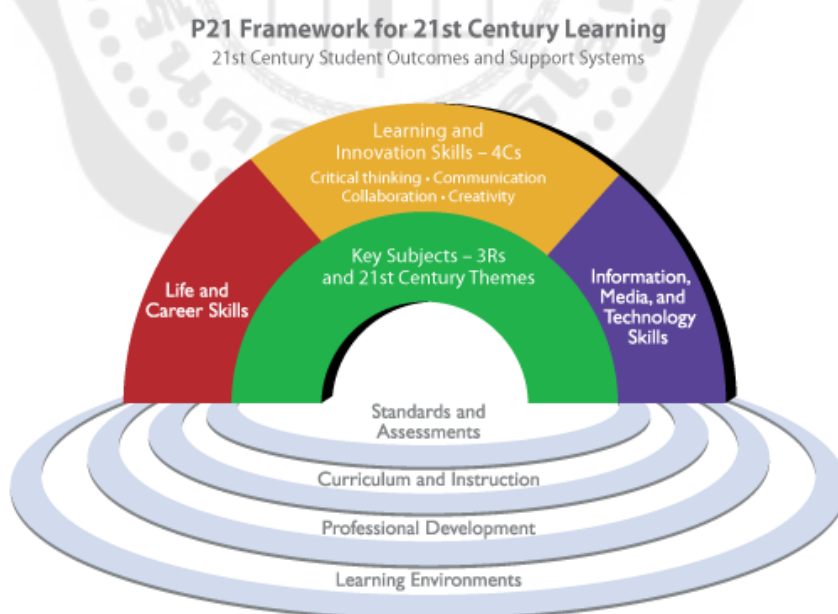
2. การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง (Initiative and Self Direction)

3. ทักษะการเข้าสังคมและวัฒนธรรมที่แตกต่าง (Social and Cross-Cultural Skills)

4. การเป็นผู้ผลิตและมีความรับผิดชอบ (Productivity and Accountability)

5. ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ (Leadership and Responsibility)

โดยนอกจากทั้ง 3 ทักษะที่สำคัญดังกล่าวแล้ว ภาศิพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ยังระบุถึงวิชาแกนหลักที่ควรเรียนรู้ด้วย ได้แก่ ภาษาอังกฤษ (การอ่าน และศิลปะการใช้ภาษา) ภาษาหลักของโลก ศิลปะ คณิตศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ และการปกครองและหน้าที่พลเมืองที่ดี



ภาพประกอบ 7 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ที่มา: Partner ship for 21<sup>st</sup> learning. (2007). [www.P21.org/Framework](http://www.P21.org/Framework)

จากรูปที่ 7 สามารถสรุปได้ว่าในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจะต้องมีวิชาแกนเป็นพื้นฐานหลักและเสริมด้วยทักษะที่จำเป็นทั้ง 3 ทักษะได้แก่ ทักษะชีวิตและการทำงาน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี โดยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาการส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม หลังจากการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

## 4.2 ความคิดสร้างสรรค์

### 4.2.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้ กระบวนการ และสิ่งแวดล้อม ของแต่ละบุคคลหรือกลุ่มบุคคล เพื่อสร้างผลงานที่แปลกใหม่และเป็นประโยชน์ในเชิงบริบทสังคม (Plucker, Beghetto, & Dow, 2004)

### 4.2.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

Guilford (1967) ได้ให้รายละเอียดเกี่ยวกับองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดแปลกใหม่ไม่ซ้ำกันกับความคิดของคนอื่น และแตกต่างจากความคิดธรรมดา ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการคิดจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้แปลกแตกต่างจากที่เคยเห็น หรือสามารถพลิกแพลงให้กลายเป็นสิ่งที่ไม่เคยคาดคิด ความคิดริเริ่มอาจเป็นการนำเอาความคิดเก่ามาปรุงแต่งผสมผสานจนเกิดเป็นของใหม่

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ปริมาณความคิดที่คิดออกมาในเรื่องเดียวกันโดยไม่ซ้ำกัน แบ่งออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. ความคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2. ความคิดคล่องแคล่วทางการโยงสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ภายในเวลาที่กำหนด

3. ความคล่องแคล่วทางการแสดงออก (Expression Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค กล่าวคือ สามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

4. ความคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดค้นสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด เช่น ใช้คิดหาประโยชน์ของก้อนอิฐให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนดซึ่งอาจเป็น 5 นาที หรือ 10 นาทีก็ได้

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง การคิดนอกกรอบที่ไม่คุ้นเคย ไม่อยู่ใต้กฎเกณฑ์ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

1. ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายทางอย่างอิสระ เช่น คิดได้ว่าประโยชน์ของหนังสือพิมพ์มีอะไรบ้าง

2. ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลายๆ

4. ความคิดละเอียดละออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน หรือเป็นแผนงานที่สมบูรณ์ขึ้น ความคิดละเอียดละออจัดเป็นรายละเอียดที่นำมาตกแต่ง ขยายความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์ขึ้น

piirto (2011) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบ 3 ด้านดังนี้

1. การคิดสร้างสรรค์ (Think Creativity) การใช้ความคิด กระบวนการที่หลากหลายเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่ และมีความรอบคอบในการคิดวิเคราะห์และประเมินแนวความคิด เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนางานในเชิงสร้างสรรค์

2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creativity with Others) เน้นปฏิบัติและสื่อสารแนวคิดทางการเรียนใหม่ๆ ไปสู่ผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ยอมรับในมุมมองใหม่ๆ สามารถสร้างวิกฤติให้เป็นโอกาสส่งผลต่อการเรียนรู้ และเข้าใจถึงวิธีการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่ต้องใช้เวลาและสามารถนำเอาข้อผิดพลาดมาปรับปรุงแก้ไขและพัฒนางานได้อย่างต่อเนื่อง

3. การนำเอานวัตกรรมมาสู่การปฏิบัติ (Implement Innovations) โดยปฏิบัติเชิงสร้างสรรค์ให้เกิดคุณประโยชน์ต่อการปรับใช้และพัฒนาจากผลแห่งนวัตกรรมที่นำมาใช้

#### 4.2.3 การประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์

The Partnership for 21st Century Learning (2015) ได้แบ่งการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์เป็น 3 หมวดหมู่ ได้แก่

1. ความคิดที่แตกต่างกัน (Divergent Thinking) เป็นการวัดที่นิยมมากที่สุดในการวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยความคิดที่แตกต่างกันหมายถึงความสามารถในการสร้างหรือ

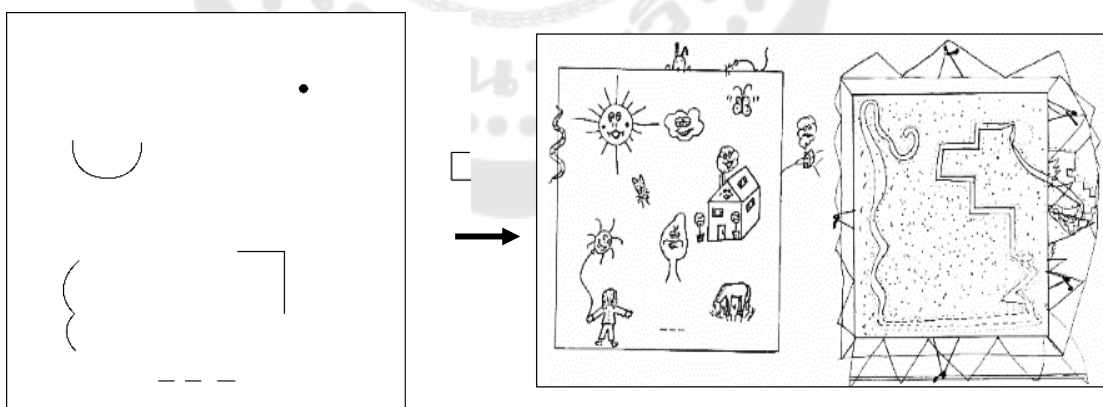
คิดแก้ปัญหาที่หลากหลาย และมีโอกาสเป็นไปได้ ในคำถามปลายเปิด โดยวิธีที่นิยมใช้วัดความคิดที่แตกต่างกัน คือการใช้แบบทดสอบของทอร์เรนซ์ (Torrance Tests of Creative Thinking: TTCT) โดยแบบทดสอบจะแบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่

1.1 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ (Figural) ซึ่งมี 2 แบบ คือ แบบ ก และ แบบ 2 ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ที่มีวัตถุประสงค์ เป้าหมายและข้อสรุปที่เหมือนกัน ต่างกันเพียงสิ่งเร้าที่กำหนดให้ สามารถเลือกใช้แบบใดเพียงแบบหนึ่งได้ (ชนะ ธาร, 2546) สามารถใช้กับเด็กชั้นอนุบาล-ระดับอุดมศึกษา โดยแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ แบบ ก ประกอบด้วยกิจกรรม 3 กิจกรรม (สำนักงาน ก.พ., 2559) ได้แก่

1 การวาดภาพ (Picture construction) ให้นักเรียนต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดเป็นวงกลมรูปไข่ ให้มีความแปลกใหม่ น่าสนใจ แล้วให้ตั้งชื่อภาพที่วาดให้แปลกและน่าสนใจ

2 การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Picture Completion) ให้นักเรียนต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดเป็นเส้นในลักษณะต่างๆ จำนวน 10 ภาพ ให้มีความแปลกใหม่ น่าสนใจ แล้วให้ตั้งชื่อภาพที่วาดให้แปลกและน่าสนใจ

3 การใช้เส้นคู่ขนาน (Parallel Line) ให้นักเรียนต่อเติมภาพจากเส้นคู่ขนาน จำนวน 30 คู่ เน้นการประกอบภาพโดยใช้เส้นคู่ขนานเป็นส่วนสำคัญของภาพ



ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างแบบทดสอบของทอร์เรนซ์ แบบอาศัยรูปภาพเป็นสื่อ

ที่มา: ออนไลน์. (2561). <http://mathsfree4u.blogspot.com/2013/10/11.html>

1.2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ (Verbal) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ ก และ แบบ ข โดยมีลักษณะเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน เหมาะสำหรับเด็กชั้นประถมศึกษาตอนปลาย-ระดับอุดมศึกษา แบบทดสอบประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 7 กิจกรรม (สำนักงาน ก.พ., 2559) ได้แก่

1 กิจกรรมการตั้งคำถาม (Asking) ให้นักเรียนตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้มากที่สุด โดยคำถามที่ตั้งนั้นต้องไม่เป็นคำถามที่สามารถตอบได้จากการดูรูปภาพเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่จะต้องตอบจากความคิดด้วย

2 การเดาสาเหตุ (Guessing Cause) ให้นักเรียนเขียนสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่แสดงในรูปภาพเดียวกันกับกิจกรรมที่ 1 ให้มากที่สุด

3 การเดาผลที่เกิดตามมา (Guessing Consequences) ให้นักเรียนเขียนผลที่อาจเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสาเหตุในภาพที่กำหนดให้ โดยเป็นภาพเดียวกันกับกิจกรรมที่ 1

4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น (Product Improvement) ให้นักเรียนดัดแปลงภาพที่กำหนดให้ ให้มีความสวยงาม น่าสนใจ โดยให้เขียนออกมาให้มากที่สุด

5 ประโยชน์ของสิ่งของ (Unusual Uses) ให้นักเรียนเขียนการใช้ประโยชน์จากสิ่งของที่กำหนดให้ เช่น กล้องกระดาศ กระป๋องอลูมิเนียม

6 การตั้งคำถามแปลก (Unusual Questions) ให้นักเรียนตั้งคำถามที่แปลกใหม่ เช่น ให้ตั้งคำถามแปลกๆเกี่ยวกับกระป๋องอลูมิเนียม

7 การสมมติอย่างมีเหตุผล (Just Suppose) ให้นักเรียนเขียนชื่อสิ่งๆที่คิดหรือเดาว่าอะไรจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้จากที่กำหนดให้ เช่น สมมติว่า ก่อนเมฆมีเชือกผูก และปลายตรึงกับพื้นดิน แล้วอะไรจะเกิดขึ้น

โดยแบบทดสอบทั้งแบบใช้รูปภาพเป็นสื่อและภาษาเป็นสื่อ มีจุดประสงค์เพื่อที่จะวัดความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 6 ด้าน ดังต่อไปนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบให้ได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และมีปริมาณในการตอบสนองได้มากในเวลาจำกัด

2. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดสิ่งใหม่ ไม่ซ้ำกับผู้อื่น

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการคิดหลายทิศทาง เป็นลักษณะของความคิดที่ชี้ให้เห็นถึงการคิดหลายมุมมอง

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดที่นำมาตกแต่งความคิดครั้งแรกให้สมบูรณ์แล้วทำให้ภาพชัดเจนและได้ความหมายสมบูรณ์

5. ความคิดตั้งชื่อภาพ (Abstractness of Titles) หมายถึง ความคิดจินตนาการการตั้งชื่อภาพ ตั้งแต่ตั้งชื่อภาพตรงกับภาพที่วาดจนกระทั่งตั้งชื่อภาพเป็นลักษณะนามธรรม

6. ความคิดไม่ยอมจำนนต่อปัญหา (Resistance to premature Closure) หมายถึง ความสามารถอดทนไม่ยอมแพ้ต่อปัญหา ไม่ด่วนสรุปในทันที พิจารณารอบคอบเพื่อนำไปสู่การคิดแก้ไขปัญหาได้

2. การประเมินหรือตัดสินจากผลงาน (Product Rating/Judgment) เป็นการวัดความคิดสร้างสรรค์จากการประเมินผลงานโดยครูหรือผู้เชี่ยวชาญในด้านผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนผลงาน

Besemer and O'Quin (1999) ได้สร้างแบบประเมินผลงานทั้งหมด 3 ด้านหลัก ได้แก่ 1) ความแปลกใหม่ ในด้านของการใช้วัสดุใหม่ วิธีการใหม่ การใช้แนวคิดใหม่ 2) ความสามารถในการใช้แก้ปัญหา ในด้านของความคุ้มค่า ความสะดวกในการใช้งาน และ 3) การออกแบบ ในด้านของส่วนประกอบสามารถทำงานสอดคล้องกันดี ความทนทาน โดยลักษณะของแบบประเมินจะแสดงอยู่ในรูปที่ 9

3. การประเมินตนเอง (Self-assessment) เป็นการประเมินจากประสบการณ์ของผู้เรียน โดยการใช้แบบสอบถามที่ถามถึงความเห็นด้วยไม่เห็นด้วยของผู้เรียนเช่น ฉันชอบคิดแบบสลับซับซ้อน ฉันมีจินตนาการที่ดี ฉันชอบลองสิ่งใหม่ๆ เป็นต้น ซึ่งประโยคเหล่านี้จะแสดงถึงตัวตนของนักเรียนซึ่งสามารถบ่งชี้ความคิดสร้างสรรค์ได้ โดยการประเมินนี้นิยมใช้เพื่อเป็นคำแนะนำแก่นักเรียน

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ใช้แบบประเมินชิ้นงานโดยดัดแปลงจาก Basemer and O'Quin และสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ตามนิยามของ piirto (2011) โดยแบ่งเป็นด้าน 1) การวัดด้านความคิด กระบวนการ และความรู้ที่หลากหลาย 2) การวัดด้านความคิดที่แปลกใหม่

|                                                                              |     |                       |              |
|------------------------------------------------------------------------------|-----|-----------------------|--------------|
| Rater: _____                                                                 |     | Product Number: _____ |              |
| Original and Usefulness Sub-scales of the<br>Creative Product Semantic Scale |     |                       |              |
| (Besemer & O'Quin, 1989)                                                     |     |                       |              |
| Original                                                                     | ___ | ___                   | Conventional |
| Useless                                                                      | ___ | ___                   | Useful       |
| Over Used                                                                    | ___ | ___                   | Fresh        |
| Operable                                                                     | ___ | ___                   | Inoperable   |

ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างแบบประเมินชิ้นงานของ Besemer and O'Quin

ที่มา: izzajalil. (2014). <https://www.slideshare.net/izzajalil/students-product-creativity-using-a-computer-vs-hands-on-activity>

#### 4.3 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

##### 4.3.1 ความหมายของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการวิเคราะห์ สังเคราะห์ การประเมินผล ไตร่ตรอง โดยใช้เหตุผล ข้อเท็จจริง หลักฐาน และข้อมูล ซึ่งอาจต้องผ่านกระบวนการทดลอง ทดสอบ หรือตรวจสอบก่อน เพื่อนำไปสู่การการแก้ปัญหาอย่างถูกต้องและเหมาะสม (Woods, 1993; กนกทิพย์ ยาทองไชย, 2559; ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ, 2556; สุขคนธ์ สิ้นธพานนท์, 2558; อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์, มปป.)

##### 4.3.2 องค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) สรุปองค์ประกอบของการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ดังนี้

1. การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ ระหว่างเหตุและผลของปัญหา

2.การคิดอย่างเป็นระบบ หมายถึง การวิเคราะห์องค์ประกอบย่อยของปัญหา เพื่อ นำไปสู่การวางแผน กำหนดแนวทางหรือวิธีการแก้ปัญหา

3.การตัดสินใจ หมายถึง การประเมินโดยมีหลักเกณฑ์ เพื่อตัดสินใจแนวทางในการแก้ปัญหา โดยอาศัยวิเคราะห์ สังเคราะห์ การประเมินผล ได้ตรงจากข้อมูล แล้วลงข้อสรุปเพื่อหาแนวทางที่เหมาะสม

4. การแก้ปัญหา หมายถึง การนำองค์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหา สามารถลงมือแก้ไขปัญหามาตามแนวทางที่สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหาได้อย่างเหมาะสม และตรวจสอบการแก้ปัญหด้วยตนเองได้

#### 4.3.3 กระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

Dressel and Mayhew (1954) กล่าวถึง การคิดวิจารณ์ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน

1.การนิยามปัญหา เป็นความสามารถในการตระหนักถึงปัญหา เข้าใจถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องและจำเป็นในการแก้ปัญหา ระบุองค์ประกอบที่สำคัญของปัญหา จัดองค์ประกอบของปัญหาเป็นลำดับขั้นตอน

2.การรวบรวมข้อมูลสำหรับการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการพิจารณาเลือกข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา

3.การจัดระบบข้อมูล เป็นความสามารถในการวิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของแหล่งข้อมูล จัดระบบโดยวิธีการต่างๆ เช่น จำแนกความแตกต่างระหว่างข้อมูลที่ชัดเจน กับข้อมูลที่คลุมเครือ ข้อเท็จจริงกับความคิดเห็น

4.การเลือกสมมติฐาน เป็นความสามารถในการเลือกสมมติฐานที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด ตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างสมมติฐานกับข้อมูล พิจารณาทางเลือกหลายๆทาง ในการแก้ปัญหา

5.การสรุป เป็นความสามารถในการลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลประกอบด้วย 1) การลงสรุปอย่างสมเหตุสมผล โดยอาศัยข้อตกลงเบื้องต้น สมมติฐานและข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 2) การพิจารณาตัดสินความสมเหตุสมผล ของกระบวนการที่จะนำไปสู่ข้อสรุป 3) การประเมินข้อสรุปโดยอาศัยเกณฑ์การประยุกต์ใช้

มลิวัลย์ สมศักดิ์ (2540) ได้สรุปกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณไว้ 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. การนิยามปัญหา หมายถึงการกำหนดประเด็นปัญหา โดยพิจารณาจากข้อมูล ข้อโต้แย้งเพื่อกำหนดปัญหา ซึ่งการนิยามปัญหาเป็นจุดเริ่มต้นของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เพราะกระตุ้นให้คนเริ่มตระหนักถึงปัญหา ข้อโต้แย้งเพื่อหาคำตอบที่สมเหตุสมผล

2. การรวบรวมข้อมูล เกี่ยวกับประเด็นปัญหาข้อโต้แย้งที่คลุมเครือ รวมทั้งการดึงข้อมูลหรือความรู้จากประสบการณ์เดิมมาใช้เมื่อพบกับสถานการณ์ที่เป็นปัญหา การรวบรวมข้อมูลถือว่ามีความจำเป็นต่อการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

3. การจัดระบบข้อมูล หมายถึงการพิจารณาความน่าเชื่อถือของข้อมูล ความเพียงพอของข้อมูล และสามารถแยกแยะข้อมูลได้ว่าข้อมูลใดเป็นความคิดเห็น ข้อมูลใดเป็นข้อเท็จจริง รวมทั้งจัดลำดับความสำคัญของข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐาน

4. การตั้งสมมติฐาน หมายถึงการนำข้อมูลที่จัดระบบแล้วมาเชื่อมโยงหาความสัมพันธ์ เพื่อกำหนดแนวทางการสรุปที่น่าจะเป็นไปได้มากที่สุด หรือตัดสินใจอย่างสมเหตุสมผล

5. การสรุปอ้างอิงโดยใช้หลักตรรกศาสตร์ หมายถึงการพิจารณาทางเลือกที่สมเหตุสมผลที่สุดจากข้อมูลและหลักฐานที่มีอยู่ เพื่อนำไปสู่การสรุปที่สมเหตุสมผล

6. การประเมินสรุปอ้างอิง หมายถึงการประเมินความสมเหตุสมผลของการสรุปอ้างอิง รวมทั้งพิจารณาว่าข้อสรุปนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หรือไม่ ผลจะเป็นอย่างไรหากข้อสรุปนั้นมีการเปลี่ยนแปลง หรือได้รับข้อมูลเพิ่มเติม ซึ่งจะนำไปสู่การรวบรวมข้อมูลที่มีอยู่อีกครั้งหนึ่ง หรือตั้งสมมติฐานและการสรุปอ้างอิงใหม่

จะเห็นได้ว่ากระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณจะเริ่มจากการระบุปัญหาที่เกิดขึ้น ดังนั้นการพัฒนาระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจะต้องจัดการเรียนรู้แบบผู้เรียนได้เผชิญกับปัญหา ซึ่งสอดคล้องการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่เน้นการเชื่อมโยงปัญหาที่อยู่รอบตัว หรือในชีวิตจริงเข้ามาเพื่อศึกษาและแก้ปัญหา

ในการประเมินการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ในงานวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณที่ดัดแปลงมาจากแบบทดสอบของ กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ที่มีจุดประสงค์วัด 3 ด้าน คือ 1) การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ 2) การคิดตัดสินใจ 3) การแก้ปัญหา

#### 4.4 การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

##### 4.4.1 ความหมายของการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ปฏิวดี ศรีทิพย์ศักดิ์ (2559) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นไว้ดังนี้

1) การสื่อสาร หมายถึง การแสดงความคิดผ่านการพูด การเขียน การใช้ท่าทาง น้ำเสียง สายตา และวัตถุ มีความสามารถในการตีความจากการฟัง รวมทั้งใช้การสื่อสารเพื่อจุดประสงค์ที่หลากหลาย เช่น แจ้ง จูงใจ ให้ความรู้ และชักจูง เป็นต้น

2) การทำงานร่วมกับผู้อื่น หมายถึง การแสดงความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเคารพในความแตกต่างทั้งด้านความคิดและพฤติกรรมของสมาชิกในทีม และแสดงถึงความคิดยืดหยุ่นและเต็มใจที่จะช่วยให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน

ในการประเมินทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ในงานวิจัยนี้ใช้แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งดัดแปลงมาจากแบบประเมินของ career and technical education

#### 5. แนวคิด

##### 5.1 ความหมายของแนวคิด

แนวคิด หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของแต่ละบุคคลที่เกี่ยวข้องกับการสรุปรวมลักษณะที่สำคัญๆของวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยเกิดจากประสบการณ์เดิมที่สั่งสมมา หรือสังเคราะห์จากข้อมูลที่มีอยู่ (ปฏิวดี ศรีทิพย์ศักดิ์, 2559)

##### 5.2 องค์ประกอบของแนวคิด

Bruner, Goodnow, and Austin (1956) สรุปว่า แนวคิดประกอบด้วย 5 ประการ คือ

1. ชื่อ (Name) เป็นคำหรือข้อความที่ใช้เรียกกลุ่มหรือหมวดหมู่ของประสบการณ์ที่ใช้ลักษณะเฉพาะที่คล้ายกันในการจำแนก เช่น พืช สัตว์ ของกิน เป็นต้น

2. ตัวอย่าง (Example) คือ การระบุตัวอย่างของแนวคิดได้ถูกต้องและสิ่งที่ใกล้เคียงแต่ไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดนั้นได้

3. คุณลักษณะเฉพาะ (Attribute) คือ คุณลักษณะเฉพาะสำคัญที่เราใช้เป็นลักษณะร่วมหรือเกณฑ์ในการจัดสิ่งต่างๆเป็นหมวดเดียวกัน

4. คุณค่าของลักษณะเฉพาะ (Attribute Values) คือ ระดับความมากน้อยของลักษณะเฉพาะ ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดหมวดหมู่ เช่น คลอรีนจัดเป็นสารอันตรายเมื่อมีปริมาณมาก แต่ถ้าหากมีปริมาณน้อยก็จะเป็นอันตรายต่อมนุษย์

5. กฎเกณฑ์หรือคำจำกัดความ (Rule) คือ นิยามหรือข้อความที่สรุปลักษณะสำคัญหรือจำเป็นของแนวคิด การให้นิยามจะปรากฏในขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการเกิดแนวคิด ซึ่งการให้นิยามถูกต้องจะสะท้อนให้เห็นว่า ผู้นั้นมีความเข้าใจองค์ประกอบอื่นๆของแนวคิดได้เป็นอย่างดี

### 5.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน

แนวคิดคลาดเคลื่อน หมายถึง ความรู้ที่ได้รับจากการมีประสบการณ์ด้วยตนเองและไม่สอดคล้องกับทฤษฎีหรือความรู้เชิงวิทยาศาสตร์ โดยในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกริยานักเรียนมักจะมีแนวคิดคลาดเคลื่อนดังนี้ (Fahmi & Irhasyuarna, 2017)

1. อัตราการเกิดปฏิกริยาเป็นค่าคงที่ตลอดการเกิดปฏิกริยาเสมอ และความหมายของอัตราการเกิดปฏิกริยาคือจำนวนปฏิกริยาต่อหนึ่งหน่วยเวลา
2. อัตราการเกิดปฏิกริยาอันดับศูนย์ หมายถึงไม่มีปฏิกริยาเกิดขึ้น
3. ปฏิกริยาคูดความร้อนจะมีอัตราการเกิดปฏิกริยาต่ำกว่าปฏิกริยาคายความร้อน เพราะปฏิกริยาไม่ร้อน
4. ความเข้มข้น ความดัน และปริมาตร ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาของแก๊สที่มีอันดับปฏิกริยาเป็นศูนย์
5. การเพิ่มพื้นที่ผิวส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาเนื่องจากสมบัติทางกายภาพของของแข็ง ไม่เกี่ยวกับโอกาสการชนกันของสารที่มากขึ้น
6. การเพิ่มปริมาตรของสารตั้งต้นที่มีความเข้มข้นเท่าเดิมส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยา
7. ในการหาขั้นกำหนดปฏิกริยา ปฏิกริยาที่มีอุณหภูมิสูงสุดจะเป็นตัวกำหนดอัตราการเกิดปฏิกริยา

## 5.4 แบบวัดแนวคิด

แบบวัดแนวคิดสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภทได้แก่

### 5.4.1 แบบทดสอบแนวคิด แบ่งเป็น 4 ประเภท

1. แบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบ และเลือกตัวเลือกเพื่อให้เหตุผล มีลักษณะเป็นแบบเลือกคำตอบต่อเนื่อง โดยอันดับแรกเลือกคำตอบที่ถูกต้องจากโจทย์ที่ถาม และลำดับต่อมาเลือกเหตุผลที่สอดคล้องกับคำตอบที่เลือกไป



ความสัมพันธ์ของสารในข้อใดถูกต้อง

- ก. ใช้ Mg 1 โมลอะตอม เกิดก๊าซ  $\text{H}_2$  1 โมเลกุล
- ข. ใช้ Mg 1 อะตอม เกิดก๊าซ  $\text{H}_2$  1 โมล
- ค. ใช้ HCl 2 โมล เกิดก๊าซ  $\text{H}_2$  1 โมเลกุล
- ง. ใช้ HCl 2 โมล เกิดก๊าซ  $\text{H}_2$  1 โมล

เหตุผลที่ใช้ในการตอบคือข้อใด

- 1. การหาความสัมพันธ์ของสารในสมการเคมีต้องใช้หน่วยเดียวกัน
- 2. เมื่อใช้ HCl 2 โมล จะต้องได้  $\text{MgCl}_2$  และ  $\text{H}_2$  อย่างละ 1 โมล
- 3. สมการเคมีที่สมดุลบอกถึงจำนวนโมลของสารในปฏิกิริยาเคมีนั้น
- 4. สมการเคมีที่สมดุลบอกถึงจำนวนโมลอะตอมของธาตุและจำนวนโมเลกุลของสารประกอบ
- 5. สมการเคมีที่สมดุลจำนวนโมลเท่ากับจำนวนโมเลกุล
- 6. อื่นๆ (โปรดระบุ).....

ที่มา: สุนทร พรจำเจริญ (2543)

ภาพประกอบ 10 แสดงแบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบ และเลือกเหตุผล

ที่มา: สุนทร พรจำเจริญ. (2543).

2. แบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบ พร้อมเขียนอธิบายเหตุผล มีลักษณะเป็นแบบเลือกคำตอบที่ถูกต้อง และ อธิบายเหตุผลสนับสนุนว่าทำไมข้อนั้นถึงถูกต้อง

ข้อใดคือความหมายของพันธะเคมี

- ก. น้ำแข็งแต่ละก้อนมีหลายโมเลกุล และแต่ละโมเลกุลจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างกัน
- ข. น้ำแข็งหลาย ๆ โมเลกุลจะมีแรงยึดเหนี่ยวกันมากจึงทำให้อยู่เป็นก้อนได้
- ค. น้ำแข็งแต่ละโมเลกุลจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างก๊าซไฮโดรเจนกับก๊าซออกซิเจน
- ง. น้ำแข็งแต่ละโมเลกุลจะมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมของออกซิเจนกับอะตอมของไฮโดรเจน

เหตุผล

---



---



---



---

ที่มา: กาญจนา คังคะประดิษฐ์ (2547)

ภาพประกอบ 11 แสดงแบบวัดแนวคิดชนิดเลือกตอบ และเขียนอธิบายเหตุผล

ที่มา: กาญจนา คังคะประดิษฐ์. (2547).

3. แบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด มีลักษณะเป็นคำถามชนิดเขียนตอบทั้งหมด โดยจะต้องเขียนคำตอบที่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลสนับสนุนคำตอบนั้น

พิจารณาสมการแสดงปฏิกิริยาต่อไปนี้ แล้วตอบคำถามข้อ 1 – 4



1. จากสมการแสดงปฏิกิริยาในข้อ ก - ง จงบอกว่าสารใดเป็นกรดและสารใดเป็นเบส โดยเขียนคำว่า "กรด" ได้สารและไอออนที่นักเรียนคิดว่าเป็นกรด และเขียนคำว่า "เบส" ได้สารและไอออนที่นักเรียนคิดว่าเป็นเบส

2. จากสมการแสดงปฏิกิริยาในข้อ ค นักเรียนจะใช้ทฤษฎีกรด-เบสใดอธิบายหน้าที่ของสารและไอออนที่เกี่ยวข้องและให้นักเรียนอธิบายหน้าที่ของสารและไอออนโดยใช้ทฤษฎีดังกล่าว

ภาพประกอบ 12 แสดงแบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด

ที่มา : จิตมาส สุขแสง. (2549).

4. แบบวัดแนวคิดชนิดถูก-ผิดพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ มีลักษณะให้พิจารณาข้อความแล้วเลือกตอบว่าข้อความดังกล่าวถูกหรือผิด พร้อมเขียนอธิบายเหตุผล

คำชี้แจง จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วให้นักเรียนกาเครื่องหมาย / หน้าข้อความที่นักเรียนคิดว่าถูกต้อง และกาเครื่องหมาย X หน้าข้อความที่นักเรียนคิดว่าผิด พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ

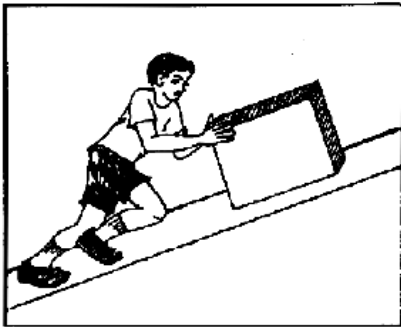
1. .... สารประกอบเป็นสารบริสุทธิ์ที่มีเนื้อเดียว  
เหตุผล \_\_\_\_\_
2. .... สารประกอบประกอบด้วยธาตุตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป  
เหตุผล \_\_\_\_\_
3. .... สารประกอบมีสมบัติเหมือนธาตุที่เป็นองค์ประกอบ  
เหตุผล \_\_\_\_\_
4. .... สารประกอบมีอัตราส่วนของธาตุที่เป็นองค์ประกอบไม่คงที่  
เหตุผล \_\_\_\_\_
5. .... สารประกอบสามารถแยกกลับไปเป็นธาตุที่มีสมบัติเหมือนเดิมได้  
เหตุผล \_\_\_\_\_
6. .... สารประกอบไม่ใช่สารบริสุทธิ์เพราะประกอบด้วยธาตุ 2 ชนิด  
เหตุผล \_\_\_\_\_

ภาพประกอบ 13 แสดงแบบวัดแนวคิดชนิดถูก-ผิดพร้อมอธิบายเหตุผลประกอบ

ที่มา: วิไลภรณ์ ฝูยพรม. (2550).

#### 5.4.2 การสัมภาษณ์ แบ่งเป็น 2 ประเภท

1. การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง มีลักษณะให้นักเรียนดูรูปภาพ แล้วผู้สัมภาษณ์ตั้งคำถามเกี่ยวกับรูปภาพนั้น



จากภาพข้างต้น ผู้สัมภาษณ์ถามนักเรียนว่า

1. “ภาพนี้ใช้ (มี) พลังงานหรือไม่”
2. “พลังงานที่ใช้มาจากไหน”
3. “เกิดอะไรขึ้นกับพลังงานที่ใช้นั้น”
4. “ตามความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนเข้าใจว่าพลังงานคืออะไร”

ที่มา: รัตนา เล็งสุข (2540)

ภาพประกอบ 14 แสดงแบบการสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง

ที่มา: รัตนา เล็งสุข. (2540)

2. การสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ มีลักษณะเป็นการกำหนดเหตุการณ์สมมติขึ้นมาแล้วถามคำถามกับนักเรียน

ตัวอย่าง สถานการณ์: เต็มเกลือกในน้ำ

คำถาม : “นักเรียนจะเห็นการเปลี่ยนแปลงอะไรบ้าง”

: “อุณหภูมิของน้ำจะเป็นอย่างไร”

: “การละลายคืออะไร”

ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกใช้แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาแบบเลือกตอบถูก-ผิด พร้อมอธิบายเหตุผลสนับสนุน เนื่องการทดสอบใช้เวลา 50 นาที รูปแบบของแบบทดสอบที่มีตัวเลือกแค่ 2 ตัวเลือกทำให้ผู้เรียนมีเวลาที่จะเขียนอธิบายเหตุผลสนับสนุน

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดการกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ จำนวน 310 คน โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ

##### การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มทดลอง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง 1 ห้อง ห้องละ 33 คน

กลุ่มควบคุม นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง 1 ห้อง ห้องละ 33 คน

##### ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ใช้เวลาทั้งหมด 15 คาบ เป็นเวลา 5 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ ดังแสดงในตารางที่ 1 ของกลุ่มทดลอง และในตารางที่ 2 ของกลุ่มควบคุม

ตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

| สัปดาห์ที่ | เนื้อหา                                                                                                                                              | จำนวนคาบ |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1          | ชี้แจงการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา                                                                                                            | 1        |
|            | ทดสอบแนวคิดก่อนเรียน เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ทักษะด้านการคิดแบบมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น | 3        |
| 2          | กิจกรรมการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากวัสดุอลูมิเนียมเหลือใช้                                                                                                 | 2        |
| 3          | ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา                                                                                                           | 1        |
|            | กิจกรรมปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮโดรเจน                                                                                                        | 2        |
| 4          | ออกแบบโมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน                                                                                                             | 1        |
|            | นำเสนอผลงานเชิงสร้างสรรค์                                                                                                                            | 2        |
| 5          | ทดสอบแนวคิดหลังเรียน เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ทักษะด้านการคิดแบบมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น | 3        |

ตาราง 2 แสดงการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายของกลุ่มควบคุม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

| สัปดาห์ที่ | เนื้อหา                                                                                                                                                                                                                                                    | จำนวนคาบ |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1          | <p>ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</li> <li>- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย</li> <li>- อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ช่วงเวลาหนึ่ง</li> </ul>                                      | 3        |
| 2          | <p>การดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ทฤษฎีการชน</li> <li>- ทฤษฎีสารเชิงซ้อนกัมมันต์</li> <li>- พลังงานก่อกัมมันต์</li> <li>- พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา</li> </ul>                                           | 3        |
| 3          | <p>ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ธรรมชาติของสารตั้งต้น</li> <li>- ความเข้มข้นของสารตั้งต้น</li> <li>- พื้นที่ผิว</li> <li>- ตัวเร่งปฏิกิริยา และตัวหน่วงปฏิกิริยา</li> <li>- อุณหภูมิ</li> </ul> | 3        |
| 4          | กฎอัตราและอันดับการเกิดปฏิกิริยา                                                                                                                                                                                                                           | 3        |

### การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม
2. แบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา
3. แบบทดสอบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

- 3.1 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
- 3.2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์
- 3.3 แบบประเมินการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น
- 3.4 แบบประเมินชิ้นงาน

### **ขั้นตอนการสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม**

1. ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

1.1 ศึกษาผลการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560 ของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระเคมี พบว่ามีการระบุผลการเรียนรู้ในด้านการทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อีกทั้งยังให้มีการเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสามารถเชื่อมโยงเข้ากับปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรือในอุตสาหกรรม ผู้วิจัยจึงพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยให้นักเรียนได้ทำการทดลองและเชื่อมโยงเนื้อหาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยามาช่วยแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจากการทดลอง และสามารถส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

1.2 ศึกษาเนื้อหาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยขอบเขตของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ประกอบไปด้วย 1) ปัจจัยด้านพื้นที่ผิว 2) ปัจจัยด้านความเข้มข้น 3) ปัจจัยด้านอุณหภูมิ 4) ปัจจัยด้านตัวเร่งปฏิกิริยา และผู้วิจัยเพิ่มเติมเนื้อหาเรื่องปัญหาด้านพลังงานฟอสซิล และการผลิตแก๊สไฮโดรเจน

1.3 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกิจกรรม จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยให้ความหมายของกิจกรรมในงานวิจัยนี้หมายถึง กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งในเล่มกิจกรรมประกอบด้วย คำชี้แจงจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญของเรื่อง คำศัพท์ที่ควรรู้ ส่วนนำเรื่องสถานการณ์พลังงานฟอสซิลและพลังงานทางเลือก กิจกรรมการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน และการออกแบบและสร้างโมเดลที่ใช้พลังงานจากแก๊สไฮโดรเจน

1.4 ศึกษาหนังสือ เอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็มศึกษา จากการศึกษาพบว่า สะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการบูรณาการ

ระหว่าง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการสร้างความเข้าใจในทฤษฎีและกฎต่าง ๆ ผ่านการบวนการแก้ปัญหาหรือการสร้างนวัตกรรม โดยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนได้แก่

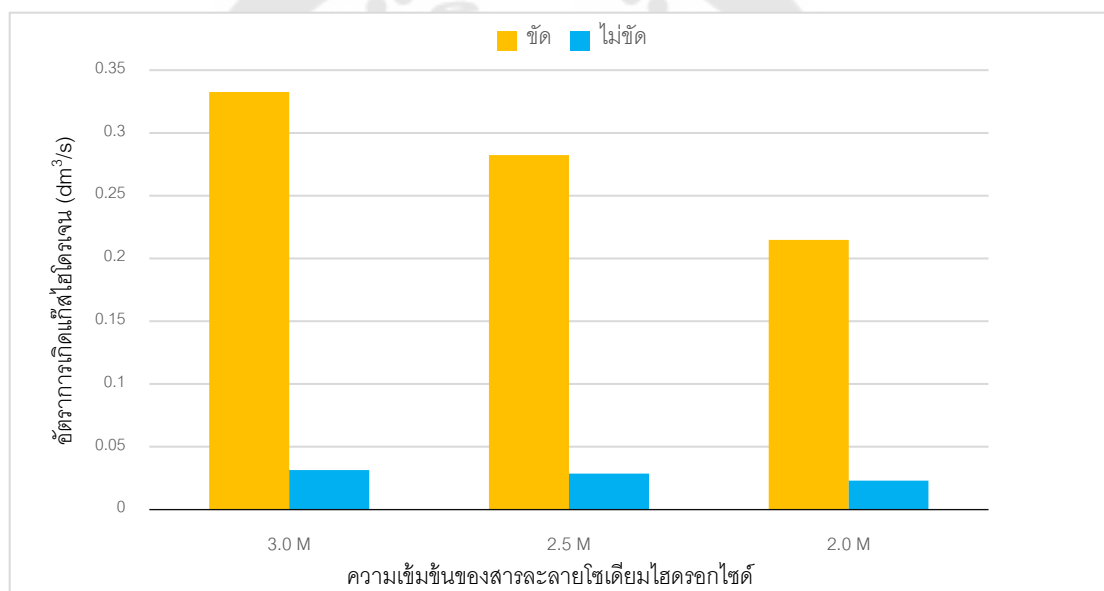
1. การระบุปัญหา: ผู้เรียนระบุปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะหาแนวทางแก้ไขต่อไป
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่ระบุ: ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหา
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา: ผู้เรียนนำข้อมูลที่ได้มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบวิธีการแก้ไขปัญหา
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา: ผู้เรียนกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาแล้วดำเนินการแก้ไขปัญหา
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไข: ผู้เรียนทดสอบและประเมินประสิทธิภาพของการแก้ไขปัญหา เพื่อนำข้อดีมาปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
6. นำเสนอผลการแก้ปัญหา: ผู้เรียนนำเสนอผลลัพธ์ที่ได้หลังจากปรับปรุงและพัฒนาผลงานจนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการ

2. วางแผนและออกแบบกิจกรรมในกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยกำหนดกรอบการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และเชื่อมโยงทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพื่อให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่วางไว้ ดังตารางที่ 4

ตาราง 3 แสดงตัวอย่างการบูรณาการเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแบบสะเต็มศึกษา

|                |                                                                                                                                                                |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| วิทยาศาสตร์    | - ความเข้าใจในเรื่องปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี<br>- ความเข้าใจในเรื่องการผลิตแก๊สไฮโดรเจน                                                    |
| เทคโนโลยี      | - การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานทดแทน ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน                                                     |
| วิศวกรรมศาสตร์ | - การวางแผนและปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮโดรเจน<br>- การออกแบบและสร้างโมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน                                                  |
| คณิตศาสตร์     | - การคำนวณต้นทุนในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนเพื่อให้ได้กำไรมากที่สุด<br>- การคำนวณปริมาตรรูปทรงเรขาคณิต<br>- การวัดปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น , การตวงปริมาณสารเคมีที่ใช้ |

3. ดำเนินการพัฒนานักกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยขั้นตอนแรกทำการพัฒนาบทปฏิบัติการการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจนพบว่าอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนภายในระยะเวลา 15 นาที ระหว่างสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กับโลหะอลูมิเนียมจากกระป๋องเครื่องดื่มหนัก 3 กรัม พบว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนจะเพิ่มขึ้น และการขัดพื้นผิวของโลหะอลูมิเนียมด้วยกระดาษทรายช่วยให้อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนสูงขึ้น โดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3.0 M กับโลหะอลูมิเนียมที่ถูกขัดด้วยกระดาษทรายมีอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนสูงสุด ดังแสดงในภาพประกอบ 15



ภาพประกอบ 15 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจนเทียบกับความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และการขัดพื้นผิวโลหะอลูมิเนียม

จากนั้นดำเนินการพัฒนาบทปฏิบัติการให้เป็นกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยมีรายละเอียดของกิจกรรมดังนี้

#### คาบที่ 1

การดำเนินกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จะดำเนินกิจกรรมในรูปแบบของการทำกิจกรรมเป็นกลุ่ม ดังนั้นในขั้นตอนแรกจะแบ่งผู้เรียน

ออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน จากนั้นชี้แจงกิจกรรม และนำเข้าสู่กิจกรรม สถานการณ์พลังงาน ณ ปัจจุบัน นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ระบุปัญหาจากบทความที่กำหนดให้

| Page   1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | Page   3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>คำชี้แจง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>ชุดกิจกรรมเพิ่มเติมศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สอดคล้องกับสาระเคมีที่ 2. เข้าใจการเรียนรู้และการดูแลสุขภาพเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์</li> <li>ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพิ่มเติมศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ใช้เวลา 7 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที</li> <li>ระหว่างดำเนินกิจกรรมหากมีข้อสงสัยสามารถถามครูผู้สอนได้</li> </ol> <p><b>จุดประสงค์ของกิจกรรม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>เพื่อให้ นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ดังกล่าวในการทำทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน</li> <li>เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา</li> <li>เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม</li> </ol> <p><b>ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>นักเรียนมีแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50</li> <li>นักเรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม สูงกว่าก่อนเรียน</li> </ol> | <p><b>สถานการณ์พลังงาน ณ ปัจจุบัน</b></p> <p>น้ำมันเป็นทรัพยากรที่สำคัญมากจะมากที่สุดในปัจจุบัน เนื่องมาจากเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันของประชาชน ไม่ว่าจะเป็นเรื่องการเดินทางคมนาคม การผลิต การขนส่ง สินค้า การอุปโภคและการบริโภค ปัญหาน้ำมันในตอนนี้จึงกลายเป็นปัญหาใหญ่สำหรับประเทศไทยเลยทีเดียว และผลกระทบของปัญหาน้ำมันนี้ค่อนข้างกระจายเป็นวงกว้างและรุนแรง เนื่องจากน้ำมันใช้แล้วหมดไป และแนวโน้มของน้ำมันมีแนวโน้มว่าจะหมดในอีกไม่กี่ปีข้างหน้า ทำให้ปัจจุบันราคาน้ำมันพุ่งสูงสุดในรอบ 3 ปี “ดีเซล” ทะลุขีด 30 บาทแล้วในต่างจังหวัด ส่วนกทม.-ปริมณฑลจ่อมาติดๆ ขณะที่ชาวบ้านไว้อยู่เหมือนโดนปิดหูปิดตาไม่แจ้งราคาล่วงหน้า ส่วนที่ชายแดนใต้ได้ไปเติมน้ำมันเถื่อนกันเพียบ ด้านบริษัทเรือโดยสารคลองแสนแสบ ขอรอตุลาการอีกสัปดาห์หากมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอาจปรับราคาขึ้นอีกบาท ผู้เชี่ยวชาญด้านน้ำมันระบุช่วงนี้ราคาขายปลีกน้ำมันปรับขึ้นตามทิศทางราคาน้ำมันตลาดโลก ชี้หากขึ้นไปถึง 90 เหรียญสหรัฐต่อบาร์เรล มีโอกาสราคาในประเทศจะขึ้นได้ถึง 3 บาทต่อลิตร ส่งผลให้ทั่วโลกเริ่มมองหาแหล่งพลังงานใหม่เพื่อมาทดแทนแหล่งพลังงานจากน้ำมัน</p> <p>ตัดแปลงจาก : ข่าวประชาชาติธุรกิจ 20/06/61</p> <p>จากสถานการณ์ นักเรียนคิดว่าปัญหามีอะไรบ้าง</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>_____</li> <li>_____</li> <li>_____</li> </ol> |

ภาพประกอบ 16 การชี้แจงกิจกรรมและกิจกรรมการระบุปัญหาจากบทความเรื่องสถานการณ์พลังงาน

หลังจากระบุปัญหาแล้วนักเรียนจะเริ่มศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องแหล่งพลังงานทางเลือก รวมถึงข้อดีและข้อเสียของแหล่งพลังงานทางเลือกจากแก๊สไฮโดรเจนเมื่อรวบรวมข้อมูลแล้ว จะนำเข้าสู่สถานการณ์สมมติที่ผู้เรียนแต่ละกลุ่มถูกสมมติให้เป็นบริษัทผลิตแก๊สไฮโดรเจน โดยผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะต้องแบ่งหน้าที่ของสมาชิกพร้อมทั้งระบุเหตุผลว่า ทำไมสมาชิกคนนั้นถึงเหมาะสมกับหน้าที่ที่กำหนด

Page | 4

นักเรียนลองช่วยกันหาว่ามี  
พลังงานทดแทนอะไรบ้าง ?

รวบรวมข้อมูล

เทคโนโลยี

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

**พลังงานทดแทนน้องใหม่มาแรง!!**

หนึ่งในพลังงานทดแทนที่กำลังมาแรง ณ ขณะนี้ก็คือพลังงานจากแก๊สไฮโดรเจน โดยไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุดและเป็นองค์ประกอบของน้ำ ( $H_2O$ ) ที่มีมากที่สุดบนโลก นอกจากนี้ยังเป็นธาตุที่รวมอยู่ในโมเลกุลของสารประกอบอื่นๆ เช่น สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของปิโตรเลียมที่มีความสำคัญสำหรับการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ คุณสมบัติทั่วไปของไฮโดรเจน คือไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟง่าย มีความสะอาดสูง ไม่เป็นพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประโยชน์ของการนำแก๊สไฮโดรเจนมาใช้งานคือใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้และให้ความร้อนออกมา หรือใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงโดยปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดกระแสไฟฟ้าซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ในทั้งการขับเคลื่อนรถ ผลิตรถกระแสไฟฟ้า อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กและอื่นๆ

Page | 5

ชื่อบริษัท

| ฝ่าย | หน้าที่ | เป้าหมาย |
|------|---------|----------|
|      |         |          |
|      |         |          |
|      |         |          |
|      |         |          |

สมาชิก

| ชื่อ-นามสกุล | ฝ่าย | เหตุผล |
|--------------|------|--------|
|              |      |        |

ภาพประกอบ 17 การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานทางเลือก แก๊สไฮโดรเจนและการแบ่งหน้าที่ให้สมาชิกในกลุ่ม

#### คาบที่ 2-3

ผู้เรียนทำกิจกรรมการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน โดยเป็นปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย Sodium Hydroxide ความเข้มข้น 2.0 M กับแผ่นอลูมิเนียมจากกระป๋องเครื่องดื่มน้ำหนักประมาณ 3 กรัม พร้อมกับบันทึกปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นหลังจากเริ่มปฏิกิริยาไปแล้ว 15 นาที โดยขณะทำการทดลองผู้เรียนจะต้องคอยจดบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นไว้ด้วย เพื่อที่จะนำไปแก้ไขต่อไป

#### คาบที่ 4

ผู้เรียนค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อปัญหาที่ผู้เรียนเจอขณะทดลอง และวางแผนการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า โดยในช่วงท้ายคาบเรียนผู้วิจัยสรุปเนื้อหาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

Page | 9
Page | 10

จากการสำรวจพบว่าในประเทศไทยมีขยะจำพวกอลูมิเนียมทิ้งรอการกำจัดเยอะมาก ผู้ร่วมลงทุนจึงต้องการให้บริษัทพัฒนาการผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากวัสดุอลูมิเนียมเหล่านี้ เพื่อลดการนำเข้าวัตถุดิบในการผลิตแก๊ส

**การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากอลูมิเนียม**

ให้นักเรียนทำการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากการทำปฏิกิริยาระหว่างแผ่นอลูมิเนียม กับสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ความเข้มข้น 2 โมลาร์

อุปกรณ์

|                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| 1) Beaker 1000 mL          | 4) Sodium Hydroxide (NaOH) |
| 2) Erlenmeyer Flask 125 mL | 5) ขวดเปล่า                |
| 3) ท่อซิลิโคน              | 6) กระบุงอลูมิเนียม        |

วิธีการทดลอง

- ตัดกระป๋องอลูมิเนียมให้มีขนาดประมาณ 1 cm x 1 cm บรรจุลงใน flask
- ตั้งอุปกรณ์ดังรูปที่ 1
- เติม NaOH 25 mL ลงใน flask แล้วปิดด้วยจุกยาง
- สังเกตแก๊สที่เกิดขึ้นในขวดพลาสติก จับเวลา 15 นาที แล้ววัดปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น

รูปที่ 1 การตั้งอุปกรณ์สำหรับเก็บแก๊ส

ข้อควรระวัง

- NaOH ที่ใช้มีความเข้มข้นสูง ระวังอย่าให้สัมผัสกับผิวหนังและดวงตา
- ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน โปรดระวังขณะจับ flask

บันทึกผลการทดลอง ให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผลการทดลอง โดยต้องกรณบันทึกปริมาณแก๊สไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นกับเวลาที่ใช้

น้ำหนัก Aluminium ที่ใช้ \_\_\_\_\_ กรัม

รายงานปัญหาที่เกิดขึ้น ให้นักเรียนสำรวจปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน

- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_
- \_\_\_\_\_

### ภาพประกอบ 18 กิจกรรมการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน

#### คาบที่ 4

ผู้เรียนค้นคว้าข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับข้อปัญหาที่ผู้เรียนเจอขณะทดลอง และวางแผนการแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นโดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการค้นคว้า โดยในช่วงท้ายคาบเรียนผู้วิจัยสรุปเนื้อหาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

Page | 15
Page | 16

จากการเพิ่มพูนความรู้ด้านการเร่งการเกิดปฏิกิริยาเคมีฝ่ายผลิตจะนำความรู้ที่ได้ไปปรับปรุงกระบวนการผลิตอย่างไรบ้าง ? โดยมีนโยบายจากฝ่ายบริหารว่าต้องการให้ได้ปริมาณแก๊สที่มาก และมีต้นทุนน้อยที่สุด

วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ราคาสินทุนแต่ละรายการ

| ลำดับ | รายการ            | ราคา (บาท) |
|-------|-------------------|------------|
| 1     | NaOH 2 M 10 mL    | 50         |
| 2     | NaOH 2.5 M 10 mL  | 60         |
| 3     | NaOH 3 M 10 mL    | 80         |
| 4     | กระป๋องอลูมิเนียม | 7          |
| 5     | กระดาษทราย        | 20         |

จากการสำรวจราคาแก๊สไฮโดรเจนในตลาดโลกพบว่า ราคาขายต่อแก๊สไฮโดรเจน 10 มิลลิลิตรเท่ากับ 100 บาท

บริษัทเห็นว่าต้องเร่งพัฒนาต้นแบบของนวัตกรรมที่จะใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน จึงให้ฝ่ายออกแบบนวัตกรรมเริ่มหาข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของแก๊สไฮโดรเจนและคิดค้นต้นแบบนวัตกรรม

ปรับปรุงการผลิตแก๊สไฮโดรเจน

วัสดุ และอุปกรณ์ที่จะใช้

อุปกรณ์ที่ต้องกรอกเป็นเลข

ให้นักเรียนรายงานผลที่ได้จากการทดลองผลิตแก๊ส ในด้านของปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ร้อยละผลได้เมื่อเทียบกับทฤษฎี ปัญหาที่เกิดขึ้น ข้อเสนอแนะที่จะปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่าเดิม

รายงานผลการปรับปรุง

ภาพประกอบ 19 อุปกรณ์ที่สามารถใช้ในการปรับปรุงการผลิตแก๊สไฮโดรเจน และการวางแผนปรับปรุงการผลิตแก๊สไฮโดรเจน

#### คาบที่ 5-6

ผู้เรียนทำกิจกรรมทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน โดยดำเนินการทดลองตามที่ผู้เรียนได้วางแผนไว้ เมื่อทำการทดลองครบ 15 นาที ผู้เรียนจะต้องหยุดปฏิกิริยาโดยการดึงท่อ นำแก๊สออกจากขวดเก็บแก๊สแล้วทำการหาปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้เรียนจะต้องคิดหาวิธีเอง โดยก่อนจะทำการหาปริมาณแก๊สจะต้องนำเสนอวิธีหาปริมาณแก๊สกับผู้วิจัยก่อนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเป็นไปได้ จากนั้นแต่ละกลุ่มจะต้องคำนวณหา ก่าไร/ขาดทุนของวิธีการผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้วางแผนไว้

ตารางแสดง ค่าความดันไอของน้ำที่อุณหภูมิ 21°C ถึง 30°C

| อุณหภูมิ<br>(°C) | ความดันไอของน้ำ |       | อุณหภูมิ<br>(°C) | ความดันไอของน้ำ |       |
|------------------|-----------------|-------|------------------|-----------------|-------|
|                  | atm             | mmHg  |                  | atm             | mmHg  |
| 21.0             | 0.0245          | 18.65 | 26.0             | 0.0332          | 25.21 |
| 22.0             | 0.0261          | 19.83 | 27.0             | 0.0352          | 26.74 |
| 23.0             | 0.0277          | 21.07 | 28.0             | 0.0373          | 28.35 |
| 24.0             | 0.0294          | 22.38 | 29.0             | 0.0395          | 30.04 |
| 25.0             | 0.0313          | 23.76 | 30.0             | 0.0419          | 31.82 |

ความดันของแก๊สไฮโดรเจนในขวดน้ำ

โมลของแก๊สไฮโดรเจนจากการทดลอง

PV=nRT

R= 0.082 Latm.mol<sup>-1</sup>.K<sup>-1</sup>

ให้นักเรียนระบุต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแก๊สไฮโดรเจน

ต้นทุนรวม

| รายการ            | จำนวน | ราคา |
|-------------------|-------|------|
| NaOH              |       |      |
| กระป๋องอลูมิเนียม |       |      |
| กระดาษทราย        |       |      |
| รวม               |       |      |

ปริมาณแก๊สที่ผลิตได้

กำไร/ขาดทุน

| รายได้ | ต้นทุน | กำไร |
|--------|--------|------|
|        |        |      |

(กำไร/ขาดทุน หาได้จากการนำราคาสินค้าที่ขายได้ลบกับต้นทุน)

ภาพประกอบ 20 การหาปริมาตรของแก๊สไฮโดรเจนจากความดันของน้ำที่เหลือน้ำในขวด  
และการคำนวณกำไร-ขาดทุน

คาบที่ 7

ผู้เรียนทำกิจกรรมการออกแบบโมเดลที่ใช้พลังงานจากแก๊สไฮโดรเจน โดยผู้เรียนจะต้องหาข้อมูลในด้านของประโยชน์ของแก๊สไฮโดรเจนและวิธีการนำมาใช้งาน แล้วดำเนินการออกแบบและสร้างโมเดล โดยเน้นการใช้วัสดุรีไซเคิลเป็นหลัก

Page | 18

### นวัตกรรมจากแก๊สไฮโดรเจน

ฝ่ายออกแบบนวัตกรรมสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับประโยชน์ของแก๊สไฮโดรเจนพร้อมทั้งระบุแหล่งที่มาให้ชัดเจน และ

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

เลือกพัฒนานวัตกรรมในประโยชน์ด้าน \_\_\_\_\_

เพราะ \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

ที่มา : \_\_\_\_\_

ในการออกแบบนวัตกรรมฝ่ายออกแบบจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

**ประโยชน์ :** นวัตกรรมที่ออกแบบจะต้องมีประโยชน์ สามารถใช้ในชีวิตประจำวันได้

**ความแปลกใหม่ :** นวัตกรรมที่ออกแบบต้องแปลกใหม่ ล้ำยุค แตกต่างจากของเดิม

**ความสวยงาม :** นวัตกรรมที่ออกแบบต้องนำใช้ รูปแบบสวยงาม

**การใช้งาน :** นวัตกรรมที่ออกแบบต้องใช้งานง่าย ขั้นตอนในการใช้งานไม่เยอะ

Page | 19

วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

### ขั้นตอนนวัตกรรม

### ภาพต้นแบบ

### ประโยชน์

ภาพประกอบ 21 กิจกรรมการสร้างโมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน

คาบที่ 8-9

ผู้เรียนนำเสนอโมเดลที่ได้สร้างขึ้น โดยผู้เรียนจะต้องนำเสนอในเชิงสร้างสรรค์ สามารถดึงดูดผู้เรียนกลุ่มอื่นให้สนใจโมเดลของกลุ่มตัวเองได้ซึ่งจะส่งผลต่อคะแนนที่จะถูกเมินจากเพื่อนด้วย เมื่อสิ้นสุดการนำเสนอจะทำการประเมินชิ้นงานโมเดลที่ผู้เรียนสร้างขึ้น โดยมีประเมินจากผู้วิจัยเอง และผลการประเมินจากผู้เรียนกลุ่มที่ไม่ได้นำเสนอ

กิจกรรม | 20

**จำลองสถานการณ์**

บริษัทได้เข้าร่วมงานแสดงสินค้านวัตกรรม ไทยแลนด์ 2018 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะดึงดูดลูกค้าให้ซื้อสินค้าที่ทางบริษัทออกแบบไว้ เพื่อนำเงินทุนที่ได้มาพัฒนานวัตกรรมและกระบวนการผลิตแก๊สต่อไป จึงให้ทุกฝ่ายช่วยกันนำเสนอนวัตกรรมที่คิดค้นขึ้นมาให้มีความน่าสนใจมากที่สุด โดยมีฝ่ายบริหารเป็นหัวหน้าทีมการนำเสนอ



ภายในงานแสดงสินค้านวัตกรรม สมาชิกชื่นชอบนวัตกรรมของบริษัทไหนบ้าง เพราะอะไร

| ชื่อบริษัท | ชื่อนวัตกรรม | เหตุผล |
|------------|--------------|--------|
|            |              |        |

ภาพประกอบ 22 กิจกรรมการนำเสนอโมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน

4. ดำเนินการสร้างคู่มือครูของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วย คำชี้แจงการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา แผนการจัดการเรียนรู้

**วิธีการหาคุณภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม**

1. ประเมินคุณภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา ตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.1 ด้านความสอดคล้องขององค์ประกอบของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม และเนื้อหาเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาและปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ข) ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน โดยใช้แบบประเมินกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณ 3 ระดับ ดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านมาหาค่าความสอดคล้อง (IOC) จากสมการ

ที่ 1

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N} \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ  $IOC$  แทน ค่าดัชนีความสอดคล้อง  
 $\Sigma R$  แทน ผลรวมของการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ  
 $N$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

จากการพิจารณาความสอดคล้องขององค์ประกอบของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่ามีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

1.2 ปรับปรุงกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่าถ้าหากมีระยะเวลาในการจัดกิจกรรมที่เหมาะสม จะเอื้อเพื่อต่อกิจกรรมได้ดีมาก ผู้วิจัยจึงกระชับเนื้อหาและระยะเวลาในส่วนของเกริ่นนำเข้าสู่กิจกรรม เพื่อให้นักเรียนมีระยะเวลาในการทำกิจกรรมมากขึ้น

1.3 ด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ข) ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อหาข้อบกพร่องของกิจกรรม โดยใช้แบบประเมินกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณ 5 ระดับดังนี้

|           |                          |
|-----------|--------------------------|
| มากที่สุด | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 5 |
| มาก       | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4 |
| ปานกลาง   | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3 |
| น้อย      | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2 |

น้อยที่สุด ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1

การแปลความหมาย ใช้ค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับ ได้แก่

|                     |                                 |
|---------------------|---------------------------------|
| ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 | หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด  |
| ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 | หมายถึง มีความเหมาะสมมาก        |
| ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 | หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง    |
| ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 | หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย       |
| ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 | หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด |

จากการพิจารณาความเหมาะสมขององค์ประกอบของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน พบว่าความเหมาะสมของกิจกรรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 แสดงว่าองค์ประกอบของกิจกรรมมีความเหมาะสมมาก (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2. นำกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อปรับปรุงกิจกรรมดังนี้

2.1 ทดลองกับกลุ่มเล็กกับนักเรียน 5 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อการหาความเหมาะสมของเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา นักเรียนระบุว่า ตัวเล่มกิจกรรมสะเต็มศึกษามีสีสันน่าเรียนดีมาก แต่มีพิมพ์คำผิดอยู่ในบ้าง และคำชี้แจงอ่านแล้วยังไม่ค่อยเข้าใจ ผู้วิจัยจึงทำการแก้ไขคำผิดและปรับปรุงคำชี้แจงให้ละเอียดและเข้าใจง่ายมากขึ้น

2.2 ทดลองกับกลุ่มใหญ่กับนักเรียน 29 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม โดยนำคะแนนของนักเรียนมาวิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 2

$$\% = \frac{x}{y} \times 100 \quad \text{สมการที่ 2}$$

|       |   |     |                                                   |
|-------|---|-----|---------------------------------------------------|
| เมื่อ | % | แทน | ร้อยละของนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดมากกว่าร้อยละ 50 |
|       | x | แทน | จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดมากกว่าร้อยละ 50     |
|       | y | แทน | จำนวนนักเรียนทั้งหมด                              |

จากการนำกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร พบว่าร้อยละ 93.10 ของนักเรียนมีคะแนนแนวคิดสูงกว่าร้อยละ 50 และ ร้อยละ 6.90 ของนักเรียนมีคะแนนแนวคิดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้

โดยขณะทำกิจกรรมผู้วิจัยพบนักเรียนสามารถดำเนินกิจกรรมไปตามขั้นตอนที่วางไว้ได้ แต่ใช้ระยะเวลาเกิดที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยจึงแก้ไขโดยแจ้งระยะเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมในทุกครั้งก่อนทำกิจกรรม

### **ขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา**

ในการสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบ และการเขียนข้อสอบวัดแนวคิด พบว่า ข้อสอบที่ใช้วัดแนวคิดจะประกอบด้วย 2 ส่วนคือ 1) คำตอบของโจทย์ที่ถาม 2) เหตุผลที่สนับสนุนคำตอบที่ตอบไปในไปส่วนที่ 1
2. ศึกษาผลการเรียนรู้ของสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระเคมี เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดทางการเรียนวิชาเคมี พบว่า ผู้เรียนจะต้องได้ทำการทดลอง และอธิบายผลของปัจจัยที่มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาของแต่ละปัจจัย สามารถเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา
3. สร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 43 ข้อ ประกอบด้วยแบบทดสอบชนิดถูกผิดพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน 40 ข้อ และแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน 3 ข้อ โดยสร้างแบบทดสอบให้ตรงตามผลการเรียนรู้ แล้วเมื่อนำไปวิเคราะห์หาคุณภาพแล้วคัดเหลือ 21 ข้อ ประกอบด้วยแบบทดสอบชนิดถูกผิด 20 ข้อ และแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน 1 ข้อ (ภาคผนวก จ)

| ข้อ | ข้อความ                                                           | คำตอบ |     | อธิบายเพิ่มเติม |
|-----|-------------------------------------------------------------------|-------|-----|-----------------|
|     |                                                                   | ถูก   | ผิด |                 |
| 7   | ปัจจัยเรื่องพื้นที่ผิว จะส่งผลต่อสารตั้งต้นที่เป็นของแข็งเท่านั้น |       |     |                 |

### ภาพประกอบ 23 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดแนวคิด

#### วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดำเนินตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดผลแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ข) ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน โดยใช้แบบประเมินแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

จากการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 1 พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

2. ปรับปรุงแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญเสนอแนะว่าแบบทดสอบบางข้อมีคำถามคล้ายกัน แนวคำตอบในด้านเหตุผลที่ใช้สนับสนุนไม่ชัดเจนในบางข้อ เช่น แนวคำตอบเป็นการนำคำถามมาเขียนใหม่ ไม่มีเหตุผลเพิ่มเติม ผู้วิจัยจึงปรับปรุงแนวคำตอบของข้อที่ผู้เชี่ยวชาญแนะนำให้ชัดเจนมากขึ้น

3. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง และ ได้ผ่านการเรียนรู้เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาแล้ว จำนวน 88 คน

4. นำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบมาตรวจให้คะแนน โดยข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน ข้อ ที่ผิดให้ 0 คะแนน จากนั้นหาความยากง่าย ( $p$ ) และอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบทดสอบวัดแนวคิด ทางการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยวิเคราะห์จาก สมการที่ 3 และ 4 โดยใช้เทคนิค 50%

$$p = \frac{P_H + P_L}{2n} \quad \text{สมการที่ 3}$$

$$r = \frac{P_H - P_L}{2n} \quad \text{สมการที่ 4}$$

|       |       |     |                                              |
|-------|-------|-----|----------------------------------------------|
| เมื่อ | $p$   | แทน | ค่าความยากง่าย                               |
|       | $r$   | แทน | ค่าอำนาจจำแนก                                |
|       | $P_H$ | แทน | คะแนนรวมของนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูง       |
|       | $P_L$ | แทน | คะแนนรวมของนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ       |
|       | $n$   | แทน | จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ |

เลือกข้อที่ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.32-0.77 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป ไว้จำนวน 21 ข้อ ประกอบด้วยแบบทดสอบชนิดถูกผิดพร้อมแก้ไขข้อผิดให้ถูกต้อง 20 ข้อ และเขียนตอบ 1 ข้อ

ตาราง 4 แสดงองค์ประกอบของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

| หัวข้อ                | จำนวนข้อ |
|-----------------------|----------|
| ปัจจัยด้านพื้นที่ผิว  | 3        |
| ปัจจัยด้านความเข้มข้น | 3        |
| ปัจจัยด้านอุณหภูมิ    | 5        |

ตาราง 4 (ต่อ)

| หัวข้อ                              | จำนวนข้อ |
|-------------------------------------|----------|
| ปัจจัยด้านตัวเร่งปฏิกิริยา          | 4        |
| การเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยา | 6        |

5. นำแบบทดสอบวัดแนวคิดทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น ( $r_c$ ) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยคำนวณจากสูตรแอลฟาของครอนบาค ดังสมการที่ 5

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left( 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right)$$

สมการที่ 5

|       |          |     |                              |
|-------|----------|-----|------------------------------|
| เมื่อ | $\alpha$ | แทน | ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น |
|       | $n$      | แทน | จำนวนข้อคำถามทั้งฉบับ        |
|       | $S_i^2$  | แทน | คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ     |
|       | $S_t^2$  | แทน | คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ     |

จากการวิเคราะห์พบว่าได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

### ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดอย่างมี วิจารณญาณ

ในการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีวิธีการดำเนินการสร้างดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณประกอบด้วย 1) การใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ 2) การคิดตัดสินใจ 3) การแก้ปัญหา

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีรูปแบบเขียนบรรยาย โดยมีข้อมูลสถานการณ์ให้วิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไขหรือถามความคิดเห็น

3. สร้างแบบทดสอบวัดทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยดัดแปลงจากแบบทดสอบของ กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ที่มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบ โดยมีทั้งหมด 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบ 3 ข้อ

#### สถานการณ์ที่ 1

ชาวบ้านร้องเรียนต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ช่วยมาตรวจสอบ จากกรณีพบน้ำในคลองเป็นสีชมพู จากการลักลอบปล่อยน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดลงคลองที่ใช้ในการทำมาหากินของชาวบ้าน ชี้ยังไม่รู้ว่าน้ำในคลองนั้นมีอันตรายมากน้อยแค่ไหน

1. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่า การลักลอบปล่อยน้ำเสียจะส่งผลกระทบต่อด้านใดบ้าง จงอธิบาย
2. นักเรียนคิดว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรแก้ไขเรื่องอะไรเป็นอันดับแรก เพราะเหตุใด
3. นักเรียนคิดว่าจะป้องกันปัญหานี้ไม่ให้เกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างไร

ภาพประกอบ 24 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

เกณฑ์การประเมินโดยใช้เกณฑ์รูบริกส์ มีลักษณะเป็นมาตรฐานค่า 5 ระดับ

ดังนี้

#### สถานการณ์ที่ 1

ชาวบ้านร้องเรียนต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ช่วยมาตรวจสอบ จากกรณีพบน้ำในคลองเป็นสีชมพู จากการลักลอบปล่อยน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดลงคลองที่ใช้ในการทำมาหากินของชาวบ้าน ชี้ยังไม่รู้ว่าน้ำในคลองนั้นมีอันตรายมากน้อยแค่ไหน

1. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่า การลักลอบปล่อยน้ำเสียจะส่งผลกระทบต่อด้านใดบ้าง จงอธิบาย
  - 4 เมื่อ บอกถึงผลกระทบมากกว่า 3 ด้าน พร้อมกับเหตุผลที่สอดคล้องกับแต่ละด้านที่ระบุ
  - 3 เมื่อ บอกถึงผลกระทบ 2 ด้าน พร้อมกับเหตุผลที่สอดคล้องกับแต่ละด้าน
  - 2 เมื่อ บอกถึงผลกระทบ 1 ด้าน พร้อมกับเหตุผลที่สอดคล้อง
  - 1 เมื่อ บอกถึงผลกระทบ แต่ไม่มีเหตุผลสนับสนุน
  - 0 เมื่อ ไม่ตอบคำถาม หรือ ตอบไม่ตรงคำถาม

ภาพประกอบ 25 ตัวอย่างเกณฑ์การประเมินของแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

## วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ กับการวัดทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ข) ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 3 ระดับ ดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

จากการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 1 พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

ปรับปรุงแบบทดสอบด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่า สถานการณ์ที่นำมาใช้เป็นสถานการณ์ที่กว้างมาก และบางสถานการณ์อาจจะเป็นเรื่องใกล้ตัวผู้เรียน ผู้วิจัยจึงเพิ่มรายละเอียดของสถานการณ์เพื่อให้ผู้เรียนวิเคราะห์สถานการณ์ได้ง่ายขึ้น

2. นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 65 คน

3. นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มาหาความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 50% แล้ววิเคราะห์โดยใช้สมการของวิทนีและซาเบอร์

$$p = \frac{S_H + S_L - (2NX_{min})}{2N(X_{max} - X_{min})} \quad \text{สมการที่ 6}$$

$$r = \frac{S_H + S_L}{N(X_{max} - X_{min})} \quad \text{สมการที่ 7}$$

|       |           |     |                                     |
|-------|-----------|-----|-------------------------------------|
| เมื่อ | $S_H$     | แทน | ผลรวมของคะแนนในกลุ่มสูง             |
|       | $S_L$     | แทน | ผลรวมของคะแนนในกลุ่มต่ำ             |
|       | $N$       | แทน | จำนวนผู้สอบในกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน |
|       | $X_{max}$ | แทน | คะแนนสูงสุดในข้อนั้น                |
|       | $X_{min}$ | แทน | คะแนนต่ำสุดในข้อนั้น                |

แล้วเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.41-0.45 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.41 ขึ้นไป ไว้ 3 สถานการณ์ข้อสอบไว้ 3 สถานการณ์

4. นำแบบทดสอบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยคำนวณจากสูตรแอลฟาของครอนบาค (สมการที่ 5) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 1.25 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

#### ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์

การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ มีวิธีการดำเนินการสร้างดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ เพื่อสร้างแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งประกอบด้วย 1) การวัดด้านความคิด กระบวนการ และความรู้ที่หลากหลาย 2) การวัดด้านความคิดที่แปลกใหม่

2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ พบว่า แบบทดสอบที่ใช้วัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบโดยมีสถานการณ์สมมติ ในด้านของการวัดความคิดที่แปลกใหม่จะมีลักษณะให้ผู้เรียนได้วาดออกแบบให้มีลักษณะแปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร ด้านการวัดความคิด กระบวนการและความรู้ที่หลากหลายจะมีลักษณะที่ให้ผู้เรียนได้ระบุหรือบรรยายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่กำหนดให้

3. สร้างแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ โดยมีลักษณะเป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยมีทั้งหมด 5 สถานการณ์ โดยแต่ละสถานการณ์มีคำถามย่อย 3 ข้อ

### สถานการณ์ที่ 3

จากสถานการณ์น้ำท่วมในจังหวัดภาคเหนือ ถ้านักเรียนเป็นหน่วยกู้ภัยที่ต้องการช่วยเหลือผู้ประสบภัยจากน้ำท่วม จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนระบุสิ่งที่จะต้องนำไปช่วยเหลือผู้ประสบภัยให้ได้มากที่สุด
2. ให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์หรือพาหนะลำเลียงสิ่งของที่ต้องการช่วยเหลือ ไปยังพื้นที่ที่มีน้ำท่วมอยู่
3. ให้นักเรียนระบุข้อดีของอุปกรณ์หรือพาหนะที่นักเรียนออกแบบขึ้นให้ได้มากที่สุด เพื่อให้ทุก

หน่วยงานอยากให้นำสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนไปใช้

### ภาพประกอบ 26 ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์

#### ตัวอย่างเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1. การให้คะแนนด้านการวัดความคิด กระบวนการและความรู้ที่หลากหลาย โดยพิจารณาจากจำนวนคำตอบของนักเรียนที่ตอบได้ในแต่ละข้อดังนี้

| จำนวนคำตอบ | คะแนนที่ได้ |
|------------|-------------|
| 0          | 0           |
| 1-4        | 1           |
| 5-8        | 2           |
| 9-12       | 3           |
| 13 ขึ้นไป  | 4           |

2. การให้คะแนนความคิดที่แปลกใหม่ จะพิจารณาจากองค์ประกอบของรูปภาพที่นักเรียนวาดออกแบบ มีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์หรือยานพาหนะลำเลียงสิ่งของที่มีใช้อยู่แล้วมากน้อยแค่ไหน

4 เมื่อมีลักษณะแตกต่างจากยานพาหนะหรืออุปกรณ์ลำเลียงที่มีใช้อยู่แล้ว

3 เมื่อมีส่วนประกอบคล้ายกับยานพาหนะหรืออุปกรณ์ลำเลียงที่มีใช้อยู่แล้ว  
1-2 ส่วน

2 เมื่อมีส่วนประกอบคล้ายกับยานพาหนะหรืออุปกรณ์ลำเลียงที่มีใช้อยู่แล้ว  
3-4 ส่วน

1 เมื่อมีส่วนประกอบคล้ายกับยานพาหนะหรืออุปกรณ์ลำเลียงที่มีใช้อยู่แล้ว  
5-6 ส่วน

0 เมื่อมีส่วนประกอบคล้ายกับยานพาหนะหรืออุปกรณ์ลำเลียงที่มีใช้อยู่แล้ว  
6 ส่วนขึ้นไป หรือ ไม่ตอบคำถาม

### วิธีการหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้าน ความคิดสร้างสรรค์

การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ มีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ กับการวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ข) ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ดังนี้

|               |             |                           |
|---------------|-------------|---------------------------|
| มีความเห็นว่า | สอดคล้อง    | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1 |
| มีความเห็นว่า | ไม่แน่ใจ    | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0  |
| มีความเห็นว่า | ไม่สอดคล้อง | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1 |

จากการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบประเมินชิ้นงาน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 1 พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

จากผลการประเมินผู้เชี่ยวชาญแนะนำว่าแบบทดสอบมีความเหมาะสม แต่ต้องมีเวลาที่ใช้ทำแบบทดสอบที่เหมาะสม เนื่องจากมีหลายสถานการณ์ ผู้วิจัยจึงขยายระยะเวลาในการทำแบบทดสอบจากเดิมที่ทดสอบร่วมกับแบบทดสอบด้านแนวคิดและแบบทดสอบวัดด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณภายใน 2 คาบเรียน เป็นแยกทดสอบแต่ละด้าน ด้านละ 1 คาบเรียน

2. นำแบบทดสอบ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ที่เรียนเนื้อหานี้มาแล้ว จำนวน 65 คน

3. นำแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ มาหาความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ โดยใช้เทคนิค 50% วิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 6 และ 7 แล้วเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.41-0.50 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.41 ขึ้นไป ไว้ 3 สถานการณ์

4. นำแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยคำนวณจากสูตรแอลฟาของครอนบาค (สมการที่ 5) พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 1.01 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

### ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ในขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น พบว่าในการประเมินทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นจะใช้แบบประเมินจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน

2. ดำเนินการสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น โดยในงานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงแบบประเมินทักษะมาจาก Career and Technical Education (2012) ซึ่งมีลักษณะเป็น Rubik score 4 ระดับ แปลความหมายดังนี้

| คะแนน | ความหมาย         |
|-------|------------------|
| 4     | เกินกว่ามาตรฐาน  |
| 3     | ตามมาตรฐาน       |
| 2     | ใกล้เคียงมาตรฐาน |
| 1     | ต่ำกว่ามาตรฐาน   |

| รายการประเมิน                                                                   | ระดับ |   |   |   |
|---------------------------------------------------------------------------------|-------|---|---|---|
|                                                                                 | 4     | 3 | 2 | 1 |
| <b>การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ</b>                                             |       |   |   |   |
| - แสดงความคิดเห็นอย่างชัดเจนผ่านการพูดการเขียนในรูปแบบและบริบทต่างๆ             |       |   |   |   |
| <b>ทำงานร่วมกับผู้อื่น</b>                                                      |       |   |   |   |
| - แสดงความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเคารพในความแตกต่างของสมาชิกในทีม |       |   |   |   |

ภาพประกอบ 27 ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

## วิธีการหาคุณภาพของแบบประเมินทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

การหาคุณภาพของแบบประเมินทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน (ภาคผนวก ข) ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินแบบทดสอบวัดทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ดังนี้

มีความเห็นว่า สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1

มีความเห็นว่า ไม่แน่ใจ ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0

มีความเห็นว่า ไม่สอดคล้อง ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1

จากการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินวัดทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แล้ววิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 1 พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินวัดทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

3. นำแบบประเมินที่ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินชิ้นงาน

ในขั้นตอนการสร้างแบบประเมินชิ้นงานมีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการประเมินชิ้นงาน พบว่าในการประเมินชิ้นงานที่ต้องการวัดการสร้างสรรค์และความแปลกใหม่ของชิ้นงานจะประเมิน 3 ด้าน ได้แก่

1) ความแปลกใหม่ 2) เป้าหมายของการสร้างชิ้นงาน 3) ความประณีตและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

2. ดำเนินการสร้างแบบประเมินชิ้นงาน โดยในงานวิจัยนี้ได้ดัดแปลงแบบประเมินมาจาก Besemer and O'Quin (1999) ซึ่งมีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 7 ระดับ ดังแสดงในรูปที่

| ความแปลกใหม่   |  |  |  |  |  |  |  |             |
|----------------|--|--|--|--|--|--|--|-------------|
| เคยมีแล้ว      |  |  |  |  |  |  |  | ใหม่        |
| เฉยๆ           |  |  |  |  |  |  |  | น่าสนใจ     |
| ไม่มีเอกลักษณ์ |  |  |  |  |  |  |  | มีเอกลักษณ์ |

### ภาพประกอบ 28 ตัวอย่างแบบประเมินชิ้นงาน

จากนั้นนำคะแนนรวมมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ต่อไปนี้

| คะแนน      | การแปลผล    |
|------------|-------------|
| 90-100     | ดีเยี่ยม    |
| 70-79      | ดี          |
| 60-69      | ค่อนข้างดี  |
| 50-59      | พอใช้       |
| ต่ำกว่า 50 | ควรปรับปรุง |

### วิธีการหาคุณภาพของแบบประเมินชิ้นงาน

การหาคุณภาพของแบบประเมินชิ้นงาน มีวิธีการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินชิ้นงาน ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้สอนวิชาเคมี 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน คือ แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ ดังนี้

|               |             |                           |
|---------------|-------------|---------------------------|
| มีความเห็นว่า | สอดคล้อง    | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น +1 |
| มีความเห็นว่า | ไม่แน่ใจ    | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 0  |
| มีความเห็นว่า | ไม่สอดคล้อง | ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น -1 |

จากการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินชิ้นงาน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน แล้ววิเคราะห์โดยใช้สมการที่ 1 พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินชิ้นงานค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

3. นำแบบประเมินชิ้นงานที่ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### แบบแผนการทดลอง

การศึกษาวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งทำการทดลองตามแบบแผนการทดลองแบบมีกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Nonrandomized Control Group Pretest-Posttest Design) (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2557)

ตาราง 5 แสดงแบบแผนการทดลองแบบ Nonrandomized Control Group Pretest-Posttest

| กลุ่ม | วัดก่อน         | สิ่งทดลอง | วัดหลัง         |
|-------|-----------------|-----------|-----------------|
| E     | T <sub>1A</sub> | X         | T <sub>2A</sub> |
| C     | T <sub>1B</sub> | -         | T <sub>2B</sub> |

### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

C แทน กลุ่มควบคุม

T<sub>1A</sub> แทน การทดสอบก่อนการทดลอง

T<sub>2A</sub> แทน การทดสอบหลังการทดลอง

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา

การเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ มีวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร โดยการเลือกแบบเจาะจง 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียน 33 คน
2. ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดแนวคิดทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม
3. ดำเนินการสอนโดยใช้ระยะเวลาในการสอนทั้งหมด 8 คาบ (คาบละ 50 นาที)
4. เมื่อสิ้นสุดตามกำหนดแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดแนวคิดทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

5. นำผลคะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดแนวคิดทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

### การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาประสิทธิภาพของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยคำนวณจากร้อยละของนักเรียนที่สอบวัดแนวคิด แล้วมีคะแนนแนวคิดไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

2. วิเคราะห์แนวคิดเรื่องปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ที่ใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยใช้คะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน และวิธีการทางสถิติแบบ T-test for dependent samples (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2557: 165-167)

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

|       |     |     |                                     |
|-------|-----|-----|-------------------------------------|
| เมื่อ | $t$ | แทน | ค่าที่ใช้พิจารณาการแจกแจงแบบที่     |
|       | $D$ | แทน | ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่         |
|       | $n$ | แทน | จำนวนคู่ของคะแนนสอบก่อนและหลังเรียน |

3. วิเคราะห์แนวคิดเรื่องปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นกลุ่มทดลองที่ใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย โดยใช้คะแนนจากการทดสอบหลังเรียน และวิธีการทางสถิติแบบ T-test for independent samples (พรณี ลีกิจวัฒน์. 2557 : 271-272)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{S_p^2 \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}}$$

$$S_p^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

|       |         |     |                                       |
|-------|---------|-----|---------------------------------------|
| เมื่อ | $t$     | แทน | ค่าการแจกแจง                          |
|       | $D$     | แทน | ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน              |
|       | $n_1$   | แทน | จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ 1               |
|       | $n_2$   | แทน | จำนวนนักเรียนกลุ่มที่ 2               |
|       | $S_1^2$ | แทน | ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 |
|       | $S_2^2$ | แทน | ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 2 |



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูล ผู้วิจัยเสนอตามสมมติฐานของการวิจัย ดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม นักเรียนตั้งแต่ร้อยละ 80 มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อที่ 5 นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สมมติฐานข้อที่ 1 เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม นักเรียนตั้งแต่ร้อยละ 80 มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

ผู้วิจัยพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม และนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร สามารถวิเคราะห์ข้อมูลตามสมมติฐานได้ดังแสดงในตารางที่ 6

ตาราง 6 แสดงร้อยละของนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดสูงกว่าร้อยละ 50 และ จำนวนนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดต่ำกว่าร้อยละ 50 จากแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร

| คะแนนแนวคิดหลังเรียน<br>(คะแนนเต็ม 63 คะแนน) | จำนวนนักเรียน<br>(จำนวนทั้งหมด 29 คน) | ร้อยละของนักเรียน |
|----------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|
| คะแนนสูงกว่าร้อยละ 50                        | 27                                    | 93.10             |
| คะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50                        | 2                                     | 6.90              |

จากตารางที่ 6 พบว่า ในการทดสอบแนวคิดหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา จำนวน 21 ข้อ ร้อยละ 93.10 ของนักเรียนมีคะแนนแนวคิดสูงกว่าร้อยละ 50 และ ร้อยละ 6.90 ของนักเรียนมีคะแนนแนวคิดต่ำกว่าร้อยละ 50 จึงสรุปได้ว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ของนักเรียน ร้อยละ 93.10 ให้มีคะแนนแนวคิดสูงกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ตามสมมติฐานข้อที่ 1

**สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน**

เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test dependent sample ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 7

ตาราง 7 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดก่อนเรียนกับหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

| การทดสอบ  | n  | คะแนนแนวคิด (เต็ม 63 คะแนน) |       | t     | P       |
|-----------|----|-----------------------------|-------|-------|---------|
|           |    | $\bar{X}$                   | S.D.  |       |         |
| ก่อนเรียน | 33 | 21.12                       | 8.15  | 11.57 | < 0.001 |
| หลังเรียน | 33 | 48.17                       | 10.79 |       |         |

จากตารางที่ 7 นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา มีคะแนนแนวคิดเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 21.12 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 8.15 และหลังจากการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา พบว่า นักเรียนมีคะแนนแนวคิดเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 48.17 และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 10.79 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test dependent sample พบว่าได้ค่า t เท่ากับ 11.57 มีค่านัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$  ซึ่งน้อยกว่า 0.01 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนแนวคิด เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

**สมมติฐานข้อที่ 3** นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย

ตาราง 8 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดก่อนเรียนของกลุ่มทดลองกับกลุ่มควบคุม เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

| กลุ่มตัวอย่าง | n  | $\bar{X}$ | S.D. | t    | P     |
|---------------|----|-----------|------|------|-------|
| กลุ่มควบคุม   | 33 | 18.85     | 8.01 | 1.14 | 0.257 |
| กลุ่มทดลอง    | 33 | 21.12     | 8.15 |      |       |

จากตารางที่ 9 พบว่า คะแนนแนวคิดเฉลี่ยก่อนเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของนักเรียนในกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง เมื่อนำทดสอบด้วยสถิติ t-test independent sample พบว่ามีค่า t เท่ากับ 1.14 และมีค่านัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.257 ซึ่งมีความมากกว่า 0.05 แสดงว่าคะแนนแนวคิดเฉลี่ยของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เมื่อทำการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาหลังเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายและกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test independent sample ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9

ตาราง 9 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนแนวคิดหลังเรียน ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

| กลุ่มตัวอย่าง | n  | คะแนนแนวคิด (เต็ม 63 คะแนน) |       | t    | P     |
|---------------|----|-----------------------------|-------|------|-------|
|               |    | $\bar{X}$                   | S.D.  |      |       |
| กลุ่มควบคุม   | 33 | 42.80                       | 9.61  | 2.13 | 0.037 |
| กลุ่มทดลอง    | 33 | 48.17                       | 10.79 |      |       |

จากตารางที่ 9 พบว่า เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test independent sample ของคะแนนแนวคิดหลังเรียนระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 2.13 มีค่านัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.037 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าคะแนนแนวคิดหลังเรียนของกลุ่มควบคุมสูงกว่ากลุ่มทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

**สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน**

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วยทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา และใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test dependent sample ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 10

ตาราง 10 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนร้อยละเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

| การทดสอบ  | n  | คะแนนร้อยละ (%) |      | t     | P       |
|-----------|----|-----------------|------|-------|---------|
|           |    | $\bar{X}$       | S.D. |       |         |
| ก่อนเรียน | 33 | 45.85           | 8.08 | 17.94 | < 0.001 |
| หลังเรียน | 33 | 65.70           | 4.16 |       |         |

จากตารางที่ 10 พบว่าคะแนนร้อยละเฉลี่ยก่อนเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมซึ่งได้จากการทำแบบทดสอบวัดทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการประเมินผ่านแบบประเมินด้านทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีค่าเท่ากับ 45.85 และเมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม เท่ากับ 65.70 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test dependent sample พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 17.94 โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

ตาราง 11 แสดงผลการการเปรียบเทียบคะแนนร้อยละเฉลี่ยก่อนเรียนกับหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

| ทักษะการเรียนรู้<br>และนวัตกรรม                 | การทดสอบ  | n  | คะแนนร้อยละ (%) |       | t     | P       |
|-------------------------------------------------|-----------|----|-----------------|-------|-------|---------|
|                                                 |           |    | $\bar{X}$       | S.D.  |       |         |
| ด้านความคิด<br>สร้างสรรค์                       | ก่อนเรียน | 33 | 41.33           | 11.63 | 10.50 | < 0.001 |
|                                                 | หลังเรียน |    | 54.63           | 7.00  |       |         |
| ด้านการคิดอย่าง<br>มีวิจารณญาณ                  | ก่อนเรียน | 33 | 34.85           | 10.02 | 9.70  | < 0.001 |
|                                                 | หลังเรียน |    | 55.72           | 7.25  |       |         |
| ด้านการสื่อสาร<br>และการทำงาน<br>ร่วมกับผู้อื่น | ก่อนเรียน | 33 | 61.36           | 14.22 | 16.45 | < 0.001 |
|                                                 | หลังเรียน |    | 86.74           | 6.54  |       |         |

จากตารางที่ 11 พบว่า

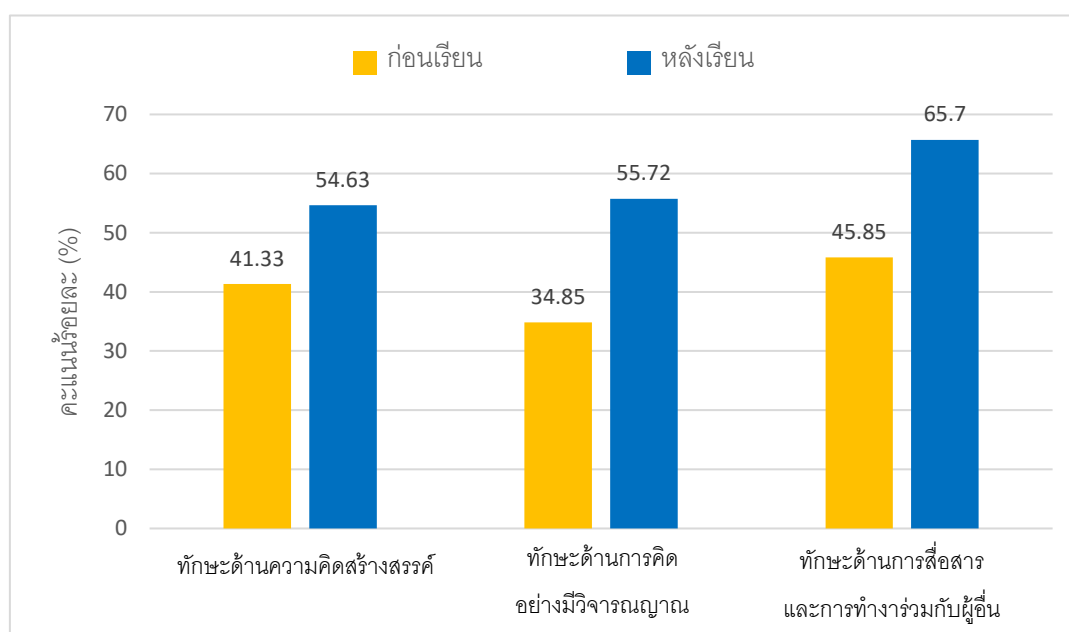
คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์มีค่าเท่ากับ 41.33 และเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 54.63 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test dependent sample พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 10.50 โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณมีค่าเท่ากับ 34.85 และเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 55.72 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test dependent sample พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 9.70 โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนของทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นมีค่าเท่ากับ 61.36 และเมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมีค่าเท่ากับ 86.74 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test dependent sample พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 16.45 โดยมีค่า

นัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่านักเรียนมีคะแนนทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

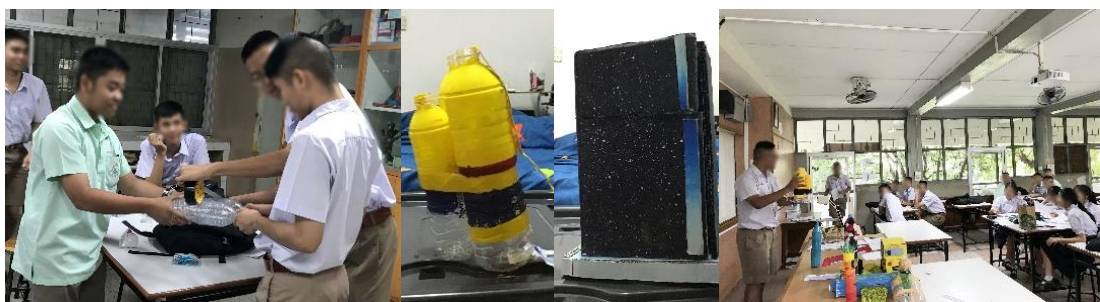
เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมแต่ละด้าน จากตารางที่ 10 มาเขียนแผนภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของทักษะแต่ละด้านได้ผลดังแสดงในภาพประกอบ 29



ภาพประกอบ 29 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

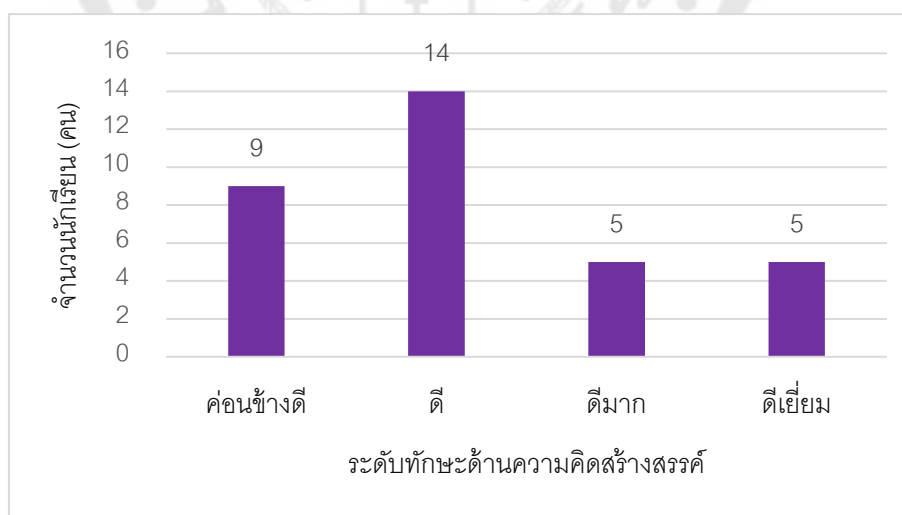
จากภาพประกอบ 29 พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียน

ในกิจกรรมสะเต็มศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม มีกิจกรรมที่ให้นักเรียนประดิษฐ์โมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน และนำเสนอผลงานที่ได้ออกแบบขึ้น เพื่อที่จะให้นักเรียนฝึกฝนทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และทักษะในการสื่อสาร ดังภาพประกอบ 30



ภาพประกอบ 30 แสดงกิจกรรมที่ให้นักเรียนประดิษฐ์โมเดลที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน และการนำเสนอผลงานที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมา

เมื่อประเมินทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์จากชิ้นงานที่นักเรียนได้ประดิษฐ์ขึ้นมาด้วยแบบประเมินชิ้นงาน แล้วนำมาเขียนเป็นแผนภูมิแท่ง ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 31



ภาพประกอบ 31 แสดงจำนวนนักเรียนนักเรียนที่มีทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละระดับ ที่ได้จากการประเมินชิ้นงานที่นักเรียนได้ประดิษฐ์ขึ้นจากกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

จากภาพประกอบ 31 พบว่าจากการประเมินชิ้นงานที่นักเรียนประดิษฐ์ขึ้นในกิจกรรม สะเต็มศึกษา นักเรียนมีทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับค่อนข้างดี ดี ดีมาก และดีเยี่ยม จำนวน 9 14 5 และ 5 ตามลำดับ

**สมมติฐานข้อที่ 5 นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย**

เมื่อเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งประกอบด้วยทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา กับกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test independent sample ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 12

ตาราง 12 แสดงผลการการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรมของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

| กลุ่มตัวอย่าง | n  | $\bar{X}$ | S.D. | T     | P      |
|---------------|----|-----------|------|-------|--------|
| กลุ่มควบคุม   | 33 | 56.00     | 3.55 | 10.17 | <0.001 |
| กลุ่มทดลอง    | 33 | 65.70     | 4.16 |       |        |

จากตารางที่ 12 พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองมีค่า 56.00 และ 65.70 ตามลำดับ เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test independent sample ได้ค่า t เท่ากับ 10.17 มีค่านัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 5

ตาราง 13 แสดงผลการการเปรียบเทียบคะแนนร้อยละเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

| ทักษะการเรียนรู้<br>และนวัตกรรม                 | กลุ่มตัวอย่าง | n  | คะแนนร้อยละ (%) |      | t    | P       |
|-------------------------------------------------|---------------|----|-----------------|------|------|---------|
|                                                 |               |    | $\bar{X}$       | S.D. |      |         |
| ด้านความคิด<br>สร้างสรรค์                       | กลุ่มควบคุม   | 33 | 47.73           | 7.43 | 3.88 | < 0.001 |
|                                                 | กลุ่มทดลอง    |    | 54.63           | 7.00 |      |         |
| ด้านการคิดอย่าง<br>มีวิจารณญาณ                  | กลุ่มควบคุม   | 33 | 49.58           | 6.18 | 3.71 | < 0.001 |
|                                                 | กลุ่มทดลอง    |    | 55.72           | 7.25 |      |         |
| ด้านการสื่อสาร<br>และการทำงาน<br>ร่วมกับผู้อื่น | กลุ่มควบคุม   | 33 | 70.71           | 6.71 | 9.83 | < 0.001 |
|                                                 | กลุ่มทดลอง    |    | 86.74           | 6.54 |      |         |

จากตารางที่ 13 พบว่า

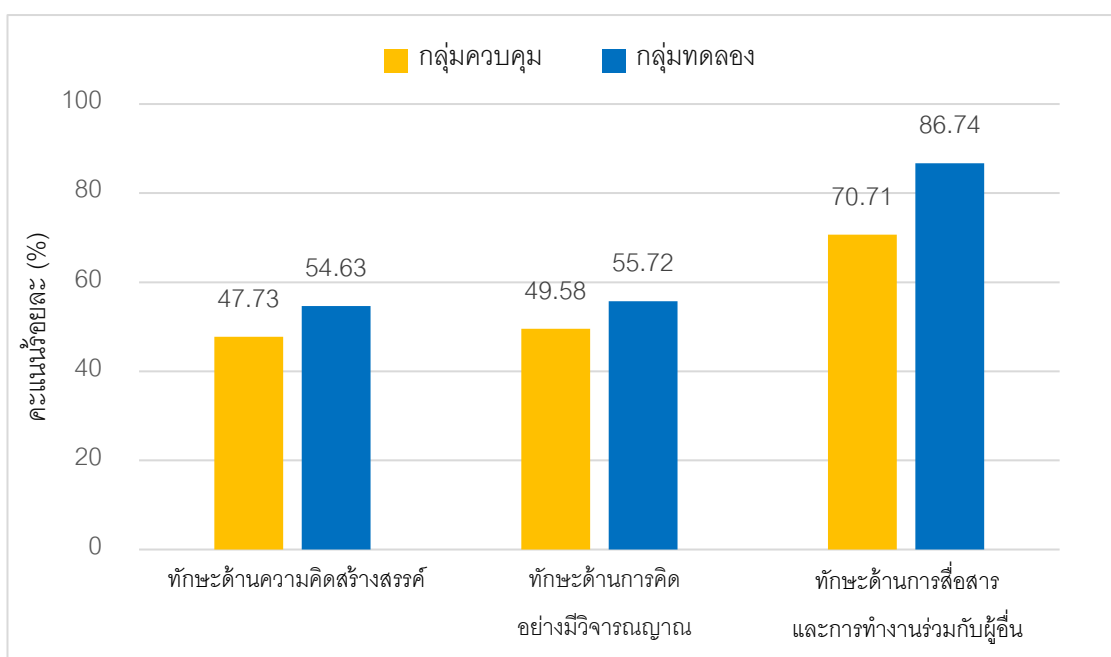
คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 47.73 และของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 54.63 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test independent sample พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 3.88 โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 49.58 และของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 55.72 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test independent sample พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 3.71 โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$  ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของกลุ่มควบคุม มีค่าเท่ากับ 70.71 และของกลุ่มทดลองมีค่าเท่ากับ 86.74 เมื่อทดสอบด้วยสถิติ t-test independent sample พบว่า ได้ค่า t เท่ากับ 9.83 โดยมีค่านัยสำคัญทางสถิติ  $P < 0.001$

ซึ่งมีค่าน้อยกว่า 0.01 แสดงว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมแต่ละด้านจากตารางที่ 13 มาเขียนแผนภูมิแท่ง เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะแต่ละด้านระหว่างกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองได้ผลดังแสดงในภาพประกอบ 32



ภาพประกอบ 32 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

จากภาพประกอบ 32 พบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้านความคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นของกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม มีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยมุ่งหวังพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

#### ความมุ่งหมายของงานวิจัย

1. พัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ให้สามารถส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ทางด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์
2. เปรียบเทียบแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก่อนกับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เปรียบเทียบแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับกลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย
4. เปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ทางด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนกับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
5. เปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับกลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย

#### สมมติฐานในการวิจัย

1. เมื่อจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม นักเรียนตั้งแต่ร้อยละ 80 มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50

2. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย

4. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนแบบบรรยาย

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการในแต่ละขั้นตอนดังนี้

การสร้างกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้กำหนดเนื้อหา จุดประสงค์ การวัดและประเมินผล ในการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. พัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบของกิจกรรม พบว่าความเหมาะสมของกิจกรรมมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.58 แสดงว่าองค์ประกอบของกิจกรรมมีความเหมาะสมมาก ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.60–1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3. นำกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปทดลองใช้กับ

นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ครั้งที่ 1 นำไปใช้กับนักเรียนจำนวน 5 คน ครั้งที่ 2 นำไปใช้กับนักเรียนจำนวน 29 คน

4. ทดสอบแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และหาร้อยละของนักเรียนที่มีคะแนนแนวคิดไม่ต่ำกว่า ร้อยละ 50 พบว่านักเรียนร้อยละ 93.10 มีคะแนนแนวคิดสูงกว่าร้อยละ 50 และ ร้อยละ 6.90 ของนักเรียนมีคะแนนแนวคิดต่ำกว่าร้อยละ 50 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้

การศึกษาประสิทธิผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผู้วิจัยได้ศึกษาประสิทธิผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษา 2 ด้าน ได้แก่ ด้านแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมซึ่งประกอบด้วย การคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น โดยมีรายละเอียดแต่ละด้าน ดังต่อไปนี้

#### 1. ด้านแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ดำเนินการดังต่อไปนี้

1.1 สร้างแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา จำนวน 43 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบถูกผิดพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน 40 ข้อ และแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน 3 ข้อ

1.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยามีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ตั้งแต่ 0.60-1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.3 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างที่ผ่านการเรียนเนื้อหาเรื่องนี้มาแล้ว ซึ่งเป็นนักเรียนจากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 88 คน แล้วนำมาหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) แล้วคัดเลือกข้อที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.32 ถึง 0.77 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป ไว้จำนวน 21 ข้อ ประกอบด้วยแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ

ถูกผิดพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน 20 ข้อ และแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 3 ตัวเลือกพร้อมให้เหตุผลสนับสนุน 1 ข้อ และเมื่อนำมาหาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตรแอลฟาของครอนบาค พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.91 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.4 นำแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 33 คน

## 2. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.1 สร้างแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยใช้สถานการณ์ 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบชนิดเขียนตอบจำนวน 3 ข้อ

2.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2.3 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 65 คน แล้วนำมาหาค่าความยากง่าย ( $p$ ) และอำนาจจำแนก ( $r$ ) แล้วคัดเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.41 ถึง 0.45 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.41 ขึ้นไป ไว้จำนวน 3 สถานการณ์ และเมื่อนำมาหาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตรแอลฟาของครอนบาค พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 1.25 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2.4 นำแบบทดสอบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 33 คน

## 3. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์

3.1 สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้สถานการณ์ 5 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์มีข้อสอบชนิดเขียนตอบจำนวน 3 ข้อ

3.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์และแบบประเมินชิ้นงาน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ค่าดัชนีความสอดคล้อง

(IOC) มีค่าตั้งแต่ 0.60-1.00 และแบบประเมินชิ้นงาน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.3 นำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 65 คน แล้วนำมาหาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) แล้วคัดเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.41 ถึง 0.50 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.41 ขึ้นไป ไว้จำนวน 3 สถานการณ์ ข้อ และเมื่อนำมาหาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบทดสอบทั้งฉบับ จากสูตรแอลฟาของครอนบาค พบว่ามีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 1.01 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3.4 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 33 คน

#### 4. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

4.1 สร้างแบบประเมินวัดทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีลักษณะเป็นแบบประเมิน 4 ระดับ

4.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินวัดทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินวัดทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

4.4 นำแบบประเมินวัดทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 33 คน

#### 5. แบบประเมินชิ้นงาน

5.1 สร้างแบบประเมินชิ้นงาน มีลักษณะเป็นแบบประเมิน 7 ระดับ ประกอบด้วย ด้านความแปลกใหม่ ด้านเป้าหมายของการสร้างชิ้นงาน และด้านความประณีตและการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

5.2 ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินชิ้นงาน โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินชิ้นงาน ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่า 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

5.3 นำแบบประเมินไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

### สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้วยกิจกรรม สะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลได้ ดังนี้

1. นักเรียนร้อยละ 93.10 มีคะแนนแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50 หลังจากจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม
2. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม มีคะแนนหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
3. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม มีคะแนนแนวคิด หลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05
4. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม มีคะแนนทักษะ ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01
5. นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม มีคะแนนทักษะ ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

### อภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอน ปลาย ผลการศึกษาสามารถอภิปรายได้ดังนี้

1. การอภิปรายผลด้านแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา หลังจากจัด กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ผลคะแนนแนวคิดของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนมัธยมศึกษา ขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ระดับ 0.01 และมีคะแนนแนวคิดหลังเรียนสูงกว่านักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยมีนัยสำคัญ

ทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นผลมาจากขณะจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ที่เน้นการจัดการเรียนรู้แบบกลุ่มซึ่งผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติเองตั้งแต่กระบวนการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากปฏิกิริยาระหว่างโลหะอลูมิเนียมกับสารละลายไฮเดรอกไซด์ แล้วพบว่าปฏิกิริยาเกิดช้า จึงนำมาซึ่งกระบวนการสืบค้นข้อมูลด้วยตัวเองโดยเป็นหนึ่งในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อที่จะนำข้อมูลที่ได้มาปรับปรุงการทดลองให้ปฏิกิริยาสามารถเกิดได้เร็วขึ้น โดยขณะจัดกิจกรรมพบว่านักเรียนมีความกระตือรือร้นที่จะหาข้อมูลในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เนื่องจากมีการแข่งขันในด้านต้นทุนในการทดลองจึงเกิดกระบวนการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างสมาชิกในกลุ่มเพื่อที่จะหาข้อสรุปในการเลือกปัจจัยแต่ละปัจจัยมาเร่งปฏิกิริยาให้มีต้นทุนต่ำที่สุด ส่งผลให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ constructionism ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือทำหรือเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง จนเกิดความเข้าใจสิ่งต่างๆ อย่างลึกซึ้ง (Papert, 1980) ก่อนที่จะเริ่มทำการทดลองหลังจากที่วางแผนการปรับปรุงปฏิกิริยาแล้วผู้วิจัยได้ถามถึงเหตุผลของการเลือกปรับปรุงแต่ละปัจจัยของการเร่งปฏิกิริยาเพื่อตรวจสอบความเข้าใจและเชื่อมโยงความเข้าใจในระดับโมเลกุลด้วยการใช้สื่อภาพเคลื่อนไหวแสดงในระดับโมเลกุลทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและมีแนวคิดในเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น ขณะทำการทดลองผลิตแก๊สหลังจากวางแผนปรับปรุงแล้ว ซึ่งในกิจกรรมที่ผู้วิจัยพัฒนามีอุปกรณ์ให้นักเรียนได้ปรับเปลี่ยนความเข้มข้นของสารละลายไฮเดรอกไซด์ และพื้นที่ผิวของโลหะอลูมิเนียมเท่านั้น แต่ผู้วิจัยพบว่านักเรียนบางกลุ่มเล็งเห็นถึงปัจจัยด้านความร้อนที่สามารถเร่งปฏิกิริยาได้ จึงพยายามเสาะหาแหล่งความร้อน เช่น ความร้อนจากมือ ความร้อนจากโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น เพื่อที่จะนำมาถ่ายเทให้กับขวดแก้วที่ใช้เกิดปฏิกิริยา ซึ่งเป็นอีกหนึ่งหลักฐานที่แสดงให้เห็นถึงความสนใจ และความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ด้วยตนเองของนักเรียน จนสามารถเชื่อมโยงเข้ามาประยุกต์ใช้กับการทดลองได้ อีกทั้งผู้วิจัยยังได้รับความคิดเห็นจากนักเรียนที่ผ่านการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยนักเรียนคนที่ 1 ได้แสดงความคิดเห็นว่า “ชื่นชอบกิจกรรมที่หาทางเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี รู้สึกว่าเข้าใจปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยามากขึ้นจริงๆ” นักเรียนคนที่ 2 “ชอบกิจกรรมสะเต็มของผู้วิจัยมาก รู้สึกได้นำเรื่องปัจจัยไปประยุกต์ใช้จริง เห็นภาพมากขึ้น” เป็นต้น

เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนแนวคิดระหว่างนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะ

การเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย(กลุ่มทดลอง) กับนักเรียนที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ(กลุ่มควบคุม) พบว่าคะแนนแนวคิดเฉลี่ยหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีค่าสูงกว่ากลุ่มควบคุม ซึ่งเป็นผลมาจากขณะเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษานักเรียนในกลุ่มทดลองมีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้และได้ลงมือปฏิบัติจากการนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดมากกว่ากลุ่มควบคุมซึ่งเน้นการบรรยายเป็นหลักทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้อยู่ในระดับจำและเข้าใจเท่านั้นซึ่งเป็นระดับการเรียนรู้ที่อยู่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับกลุ่มทดลองที่ได้ฝึกฝนการนำความรู้ไปใช้จึงมีความเข้าใจลึกซึ้งมากกว่าตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบลูม (Bloom, 1956) สอดคล้องกับ รักษาพล ธนานุวงศ์ (2556) ที่กล่าวว่าการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ ได้ทำงานเป็นกลุ่ม อภิปรายและนำเสนอ สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบบรรยายทำให้บรรยายกาศในห้องเรียนไม่ดึงดูดให้ผู้เรียนสนใจกับเนื้อหาที่กำลังบรรยายอยู่ นักเรียนไม่กระตือรือร้นในการแสวงหาความรู้ (ประนอม บุพศิริ, 2553) ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้ข้อมูลที่เรียนรู้ไปไม่ครบทั้งหมดจึงทำให้คะแนนแนวคิดของกลุ่มควบคุมมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ากลุ่มทดลอง

2. การอภิปรายผลด้านทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม หลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษามีคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีคะแนนทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มทดลอง สามารถอภิปรายแต่ละด้านของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมได้ดังนี้

### 2.1 ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น เป็นผลมาจากขณะทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นนักเรียนจะต้องคิดและตัดสินใจจากข้อมูลที่ได้อยู่ตลอดเวลา เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการบรรจุน้ำลงในขวดพลาสติกให้เต็มแล้วคว่ำลงในขวดโหลพลาสติก โดยที่ไม่มีอากาศแทรกอยู่ในขวดน้ำเลยเพื่อที่จะใช้เป็นอุปกรณ์สำหรับเก็บแก๊สที่เกิดขึ้น โดยผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดหาวิธีและลองผิดลองถูกด้วยตัวเอง ส่งผลให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดและวางแผน นำข้อผิดพลาดจากการทดลองทำครั้งแรกมาวิเคราะห์แล้วหาทางแก้ไข จนได้ขวด

น้ำที่ไม่มีฟองอากาศแทรกอยู่ ซึ่งสอดคล้องกับ พิเชฐ ศรีสังข์งาม, พินิจ ขาววงษ์, and จรรยา ดาสา (2561) ที่พบว่าการเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดอย่างมีวิจารณญาณในสิ่งที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ โดยผู้วิจัยพบว่าขณะทำกิจกรรมแต่ละกลุ่มจะมีวิธีการแก้ไขเป็นของตนเองซึ่งเป็นหลักฐานที่ยืนยันได้ว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ทดลองและวิเคราะห์ข้อผิดพลาดจนนำมาสู่วิธีการบรรจุน้ำของกลุ่มตัวเอง และขณะทำการวางแผนทำปฏิกิริยาในครั้งที่ 2 นักเรียนจะต้องคิดไตร่ตรองในการเลือกความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ และปริมาณของโลหะอลูมิเนียม เพื่อที่จะสามารถเร่งปฏิกิริยาให้สามารถผลิตแก๊ส เนื่องจากจะต้องแข่งขันในเรื่องของต้นทุนและปริมาณแก๊สที่เกิดขึ้นกับกลุ่มอื่นด้วย ส่งผลให้นักเรียนจะต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขที่คิดว่าเหมาะสมที่สุด ซึ่งก็เป็นอีกขั้นตอนที่นักเรียนได้ฝึกกระบวนการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และในขั้นที่นักเรียนจะต้องหาปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น ซึ่งผู้วิจัยได้เปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดหาวิธีวัดปริมาตรเอง ผู้วิจัยพบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มมีวิธีวัดปริมาตรแก๊สที่แตกต่างกันไป ได้แก่ การคำนวณหาปริมาตรทรงกระบอกของน้ำที่ถูกแทนที่ออกมาจากขวดน้ำ การใช้บิวเรตเติมปริมาตรน้ำลงไปในขวดให้เท่าเดิม การวัดปริมาตรที่เหลือในขวดน้ำลบด้วยปริมาตรน้ำทั้งหมด โดยวิธีทั้งหมดเกิดจากกระบวนการสังเกตและวิเคราะห์หาข้อมูลที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการหาปริมาตรของนักเรียนเอง โดยก่อนที่นักเรียนจะลงมือปฏิบัติหาปริมาตรแก๊ส ผู้วิจัยได้สอบถามถึงเหตุผลที่เลือกใช้วิธีที่กลุ่มนักเรียนเลือก เพื่อฝึกให้นักเรียนได้ ซึ่งเป็นอีกหนึ่งคุณลักษณะของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาส่งผลให้นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง บั๊จจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Hanover Research (2011) ที่ได้กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา สามารถเตรียมความพร้อมทางด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณได้ สอดคล้องกับ กนกทิพย์ ยาทองไทย (2559) ที่พบว่าชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายได้ สอดคล้องกับ พิเชฐ ศรีสังข์งาม et al. (2561) ที่ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนมีค่าสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

## 2.2 ด้านความคิดสร้างสรรค์

นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น เป็นผลมาจาก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาในขั้นตอนที่นักเรียนทำการทดลองตามที่นักเรียนได้วางแผนไว้นั้น ผู้วิจัยพบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มพยายามหาปัจจัยอื่นที่นอกเหนือจากการเปลี่ยนความเข้มข้นและพื้นที่ผิวที่ผู้วิจัยกำหนดไว้ ส่งผลให้เกิดกระบวนการคิดที่นอกกรอบจากกรอบที่ผู้วิจัยวางไว้ เช่น นักเรียนกลุ่มหนึ่งต้องการที่จะออกไปวิ่งเพื่อให้ร่างกายร้อนมากพอที่จะนำมาถ่ายเทให้กับปฏิกิริยา นักเรียนกลุ่มสองขออนุญาตไปตามหาน้ำร้อนเพื่อนำมาเร่งปฏิกิริยา นักเรียนกลุ่มสามใช้แสงแฟลชจากโทรศัพท์มือถือส่องเข้ากับขวดแก้วเพื่อเพิ่มพลังงานให้กับระบบ ซึ่งเป็นหลักฐานของการฝึกฝนและแสดงออกของความคิดสร้างสรรค์ที่ต้องการดัดแปลงหรือคิดนอกเหนือจากกรอบที่วางไว้ ซึ่งสอดคล้องกับ อารี พันธุ์มณี (2557) ที่กล่าวว่า บรรดาสิ่งที่ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ได้แก่บรรยากาศที่เต็มไปด้วยการยอมรับ เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงความเห็น สำรวจ ลงมือทำอย่างอิสระ อีกทั้งนักเรียนได้ฝึกกระบวนการออกแบบและประดิษฐ์โมเดลสิ่งของที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน โดยให้ประดิษฐ์ออกมาให้นำมาใช้และมีความแปลกใหม่ พบว่านักเรียนสนุกกับการคิดและช่วยกันแสดงความคิดเห็นว่าในสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนควรจะมีความสามารถอะไรบ้าง โดยโมเดลที่นักเรียนแต่ละกลุ่มที่ประดิษฐ์ขึ้นมีเอกลักษณ์เฉพาะตัว ไม่ซ้ำกับเพื่อนกลุ่มอื่น อีกทั้งนักเรียนได้นำเสนอโมเดลที่นักเรียนได้สร้างขึ้นมา โดยผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนองานอย่างสร้างสรรค์ และดึงดูดให้นักเรียนกลุ่มอื่นสนใจโมเดลของกลุ่มตัวเองให้มากที่สุด ส่งผลให้นักเรียนสนุกกับการนำเสนอชิ้นงานและมีการนำเสนอในรูปแบบที่แตกต่างกันเพื่อความน่าสนใจ ทำให้นักเรียนได้ฝึกฝนทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์ตลอดการทำกิจกรรม

จากข้อมูลที่กล่าวมาส่งผลให้นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์สูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ ปรมะศวร์ วงศ์ชาชม and กัญญารัตน์ โคจร (2559) ที่ศึกษาเรื่องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน พบว่าสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ สอดคล้องกับ เบญจการญจน์ ใสละม้าย (2558) ที่พบว่านักเรียนระดับปฐมวัยที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษามีคะแนน

ทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงขึ้น และสอดคล้องกับภัสสร ติตมา, มลิวรรณ นาคขุนทด, and สิริินภา กิจเกื้อกูล (2558) ที่ศึกษาเรื่องการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ พบว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

### 2.3 ด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นสูงขึ้น เป็นผลมาจากขณะจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาซึ่งเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้แบบกลุ่ม โดยขณะเริ่มทำกิจกรรมในช่วงแรกผู้วิจัยพบว่ามึนักเรียนบางส่วนที่การสื่อสารและการทำงานกับเพื่อนในกลุ่มไม่ราบรื่น โดยสังเกตจากนักเรียนไม่ช่วยเพื่อนทำงาน การทำการทดลองมีข้อผิดพลาด เช่น ทำการทดลองผิดขั้นตอน ทำการทดลองซ้ำ ซึ่งเป็นผลมาจากการสื่อสารระหว่างสมาชิกในกลุ่มที่ยังไม่มีประสิทธิภาพดีพอ หลังจากกิจกรรมเข้าสู่ช่วงที่ต้องปรับปรุงการทดลองให้สามารถผลิตแก๊สได้เร็วขึ้น ด้วยระยะเวลาที่จำกัด รวมถึงมีการแข่งขันระหว่างกลุ่ม โดยผู้วิจัยมีช่วงเวลาให้ปรึกษาวางแผนการทำงาน ส่งผลให้นักเรียนให้ความร่วมมือกันมากขึ้น มีการสื่อสารระหว่างสมาชิกในกลุ่มดีขึ้นเพื่อที่จะหาข้อสรุปในการเลือกปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และทำกิจกรรมให้เสร็จทันเวลา อีกทั้งขณะที่ผู้วิจัยสอบถามถึงเหตุผลที่สนับสนุนการเลือกใช้ปัจจัยแต่ละชนิด ได้เปิดโอกาสให้นักเรียนปรึกษากันในกลุ่มก่อนตอบเพื่อให้นักเรียนเกิดการสื่อสารมากขึ้น และในขั้นที่นักเรียนจะต้องสร้างโมเดลจำลองของสิ่งของที่ใช้ประโยชน์จากแก๊สไฮโดรเจน ผู้วิจัยพบว่านักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความร่วมมือในการทำงานกันดีมากขึ้น เมื่อเทียบกับช่วงแรกของการทำกิจกรรม โดยสังเกตจากนักเรียนสามารถแบ่งหน้าที่ของตัวเองในการทำงานได้ดี และทุกคนในกลุ่มช่วยกันทำกิจกรรมให้เสร็จทันเวลา จะเห็นได้ว่านักเรียนได้ฝึกทักษะในการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นอยู่ตลอดเวลาขณะทำกิจกรรม

จากข้อมูลที่กล่าวมาส่งผลให้นักเรียนที่เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนทักษะด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่นสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ กมลฉัตร กล่อมอิม (2559) ที่กล่าวว่าการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษามุ่งส่งเสริมทักษะการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การทำงานเป็นทีมให้ผู้เรียน

จากข้อมูลของการจัดเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ในด้านการคิด อย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เมื่อเปรียบเทียบกับ จัดการเรียนรู้แบบปกติที่เน้นการบรรยาย แม้ว่าขณะบรรยายผู้สอนจะสามารถใช้คำถามเพื่อ กระตุ้นกระบวนการคิดของนักเรียนได้ขณะบรรยาย แต่โอกาสได้ฝึกทักษะในด้านกระบวนการคิด การสื่อสารและการทำงานไม่ได้มากเท่ากับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา ส่งผลให้ นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษามีคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม

### ข้อเสนอแนะ

#### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

1.1 การจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาผู้สอนควรกระตุ้นนักเรียนอยู่ ตลอดเวลาเพื่อให้กิจกรรมสามารถดำเนินต่อไปได้อย่างราบรื่น และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ ลองผิดลองถูกตามสิ่งที่นักเรียนได้คิดวางแผนไว้

1.2 ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็ม ศึกษา ควรเป็นคาบเรียนที่มีระยะเวลามากกว่า 50 นาที เพื่อให้การจัดกิจกรรมไม่เร่งรีบจนเกินไป

#### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการใช้แบบสัมภาษณ์ในการประเมินด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับการยืนยันความสามารถด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของ นักเรียน

## บรรณานุกรม

- Beer, S. Z. (2011). 21st Century skills: preparing students for their future. Retrieved from [https://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st\\_century\\_skills.pdf](https://cosee.umaine.edu/files/coseeos/21st_century_skills.pdf)
- Besemer, S. P., & O'Quin, K. (1999). Confirming the three-factor creative product analysis matrix model in an American sample. *Creativity Research Journal*, 12(4), 287-296.
- Bloom, B. S. (1956). Taxonomy of educational objectives. Vol. 1: Cognitive domain. New York: McKay, 20-24.
- Bruner, J. S., Goodnow, J. J., & Austin, G. A. (1956). *A study of thinking*. New York: Science Editions.
- Career and Technical Education. (2012). 21st Century Skills Standards Rubric. Retrieved from <http://www.k12.wa.us/CareerTechEd/TwentyFirstCenturySkills.aspx>
- Chang, R. (2008). *General chemistry: the essential concepts*: Boston: McGraw-Hill.
- Cybulskis, V. J., Ribeiro, F. H., & Gounder, R. (2016). Using a Hands-On Hydrogen Peroxide Decomposition Activity To Teach Catalysis Concepts to K–12 Students. *Journal of Chemical Education*, 93(8), 1406-1410.
- Dressel, P. L., & Mayhew, L. B. (1954). *General education: exploration in education*. Washington, DC: American Council on Education.
- Fahmi, F., & Irhasyurna, Y. (2017). Misconceptions of Reaction Rates on High School Level in Banjarmasin. *IOSR Journal of Research & Method in Education (IOSR-JRME)*, 7(1), 54-61.
- Force, U. S. T. (2014). Innovate: A blueprint for science, technology, engineering, and mathematics in California public education. *Dublin, CA: Californians Dedicated to Education Foundation*.
- Guilford, J. P. (1967). The nature of human intelligence.
- Hanover Research. (2011). *K-12 STEM Education Overview*. Washington, DC.
- Jolly, A. (2014). Six characteristics of a great STEM lesson. *Education Week*.
- Kumar, S. (2015). Sodium Hydroxide for Clean Hydrogen Production *Clean Hydrogen Production Methods* (pp. 11-30): Springer.

- Laboy-Rush, D. (2011). Integrated STEM education through project-based learning. *Boston, MA: Learning. com.*
- Lantz, H. B. (2009). Science Technology Engineering and Mathematics (STEM) What Form? What function? . Retrieved from <https://dornsife.usc.edu/assets/sites/1/docs/jep/STEMEducationArticle.pdf>
- Marle, P. D., Decker, L., Taylor, V., Fitzpatrick, K., Khaliqi, D., Owens, J. E., & Henry, R. M. (2014). CSI–Chocolate science investigation and the case of the recipe rip-off: Using an extended problem-based scenario to enhance high school students' science engagement. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 345-350.
- National Education Association. (2012). Preparing 21st century students for a global society: An educator's guide to the "Four Cs". *Alexandria, VA: National Education Association.*
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*: Basic Books, Inc.
- piirto, j. (2011). *Creativity for 21st Century Skills How to Embed Creativity into the Curriculum*: Sense.
- Plucker, J. A., Beghetto, R. A., & Dow, G. T. (2004). Why isn't creativity more important to educational psychologists? Potentials, pitfalls, and future directions in creativity research. *Educational psychologist*, 39(2), 83-96.
- Ruthven, K., Howe, C., Mercer, N., Taber, K., Luthman, S., Hofmann, R., & Riga, F. (2010). Effecting Principled Improvement in STEM Education: Research-based pedagogical development for student engagement and learning in early secondary-school physical science and mathematics. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 30(1), 191-198.
- The Partnership for 21st Century Learning. (2015). P-21 framework defination. Retrieved from <http://www.p21.org/our-work/p21-framework>
- Woods, A. E. (1993). *"Active Learning" Door to Door Critical Thinking*: Holistics Learning Practice.
- เบญจการญจน์ ใสละม้าย. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์สำหรับเด็กปฐมวัย โดยผ่านการ

จัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่อง อาชีพในท้องถิ่น จังหวัดสงขลา.

*Academic Services Journal Prince of Songkla University*, 26(2), 104-110.

กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปีโตรเลียมและพลังงาน ทดแทนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

กมลฉัตร กล่อมอิม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 18, 334-348.

กมลทิพย์ บริบูรณ์. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสาธิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. Paper presented at the 34th The national graduate research conference.

กรไกร ภูมิไสว. (2558). การพัฒนาบทปฏิบัติการเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์, เพชรบูรณ์.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2559). แผนพัฒนาการศึกษาของกระทรวงศึกษาธิการ. Retrieved from [www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=47194&Key=news20](http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.php?NewsID=47194&Key=news20)

จินดา พรหมณัฐ. (2554). การพัฒนาความเข้าใจเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นพื้นฐาน. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชนะ ณะสาร. (2546). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์และผลการประเมินการปฏิบัติงานของบุคลากรในบริษัทโฆษณาแห่งหนึ่ง. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธีรภา ไชยเดช. (2560). การพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์.

วารสาร หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 8(1), 51-66.

นุรอาซีกิน สาและ. (2558). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 4(1),

42-53.

- ปฏิวดี ศรีทิพย์ศักดิ์. (2559). การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องสารละลาย และทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร. (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ประเมศวร์ วงศ์ชาชม, & กัญญารัตน์ โคจร. (2559). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับโครงงานเป็นฐาน. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 10(พิเศษ).
- ประนอม บุญศิริ. (2553). การสอนบรรยาย. วารสารโต๊ะข่าวแพทยศาสตรศึกษา, 41, 11-12.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). การพัฒนาการคิด (พ. 5 Ed.). กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิค ฟรีนติ้ง.
- พรณี ลีกิจวัฒน์. (2557). วิธีการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พิเชฐ ศรีสังข์งาม, พินิจ ขาวงษ์, & จรรยา ดาสา. (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 11(22), 2448-2462.
- ภัสสร ติตมา, มลิวรรณ นาคขุนทด, & สิริณภา กิจเกื้อกูล. (2558). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารราชพฤกษ์, 13(3).
- มลิวลย์ สมศักดิ์. (2540). รูปแบบการสอนเพื่อพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนในโครงการขยายโอกาสทางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช, นครศรีธรรมราช.
- รักษพล ธนानวงศ์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อน ด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. นิตยสาร สสวท., 41(182), 15-16.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา. กระทรวงศึกษาธิการ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). เอกสารการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา. Retrieved from [www.stemedthailand.org/?page\\_id=23](http://www.stemedthailand.org/?page_id=23)

สำนักงาน ก.พ. (2559). หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ การคิดเชิงสร้างสรรค์. Retrieved from [www.ocsc.go.th/sites/default/files/document/ocsc-2017-eb13.pdf](http://www.ocsc.go.th/sites/default/files/document/ocsc-2017-eb13.pdf)

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่เพื่อพัฒนาทักษะผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด 9119 เทคนิค ฟรีนติ้ง.

สุภาพ ตาเมือง. (2560). การพัฒนาความเข้าใจในมิติของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีด้วยการทดลองแบบสืบเสาะ. ศึกษาศาสตร์สาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 1(2), 1-15.

สุนิตย์ บุญเพ็ง. (2558). การพัฒนาแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้ตัวแทนความคิดที่หลากหลายร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ. (ปริญญาานิพนธ์มหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

อนินดา รัชเวทย์. (2560). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น, 11(3), 226-238.

อารี พันธุ์ณี. (2557). ฝึกให้คิดเป็นคิดอย่างสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษณีย์ อนุรุทธวงศ์. (มปป.). การพัฒนาทักษะความคิดขั้นสูง (*Developing Higher Level of Thinking Skills*). กรุงเทพฯ: ไอ.คิว.บู๊คเซ็นเตอร์.







**หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง  
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา  
เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นายนรพันธ์ คนสูง

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์

รหัสโครงการวิจัย : 287/61X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 15 สิงหาคม 2561

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินการ  
รับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, the  
Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in Good Clinical  
Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 31 สิงหาคม 2561

ลงชื่อ.....  
(นายปิยชาติ บุญเพ็ญ)  
กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรม  
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

ลงชื่อ.....  
(แพทย์หญิงสุวิพร ภัทรสุวรรณ)  
ประธานคณะกรรมการจริยธรรม  
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/X-287/2561



รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วย

1. กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม
2. แบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา
3. แบบทดสอบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม
  - 3.1 แบบทดสอบการคิดอย่างมีวิจารณญาณ
  - 3.2 แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์
  - 3.3 แบบประเมินการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น
  - 3.4 แบบประเมินชิ้นงาน

ด้านเนื้อหา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มะยุไซะ ภูโน อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา

ดร.รัชฎาภรณ์ พิณทอง อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ด้านการสอนวิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ครูธนัญฐา คงทน ครู โรงเรียนสามเสนวิทยาลัย



ตาราง 14 แสดงค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

| รายการประเมิน                                                | ผู้เชี่ยวชาญ |   |   | รวม | $\bar{X}$ |
|--------------------------------------------------------------|--------------|---|---|-----|-----------|
|                                                              | 1            | 2 | 3 |     |           |
| 1. ชุดกิจกรรมมีการบูรณาการตามรูปแบบสะเต็มศึกษา               | 5            | 5 | 5 | 15  | 5.00      |
| ครบทุกสาขาวิชา                                               |              |   |   |     |           |
| 2. ชุดกิจกรรมเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง         | 3            | 5 | 4 | 12  | 4.00      |
| 3. สถานการณ์ในชุดกิจกรรมมีความสอดคล้องและเหมาะสมกับชีวิตจริง | 5            | 5 | 5 | 15  | 5.00      |
| 4. ชุดกิจกรรมเหมาะสมต่อการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21           | 5            | 5 | 5 | 15  | 5.00      |
| 5. หลักการของชุดกิจกรรมมีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง   | 4            | 5 | 4 | 13  | 4.33      |
| 6. จุดประสงค์ของชุดกิจกรรมมีประโยชน์สำหรับผู้เรียน           | 5            | 5 | 5 | 15  | 5.00      |
| 7. จุดประสงค์ของชุดกิจกรรมเหมาะสมต่อวัยของผู้เรียน           | 5            | 4 | 5 | 14  | 4.67      |
| 8. จุดประสงค์ของชุดกิจกรรมมีความชัดเจนและเป็นไปได้           | 5            | 4 | 4 | 13  | 4.33      |
| 9. เนื้อหาของชุดกิจกรรมเหมาะสมกับวัยและความสนใจของผู้เรียน   | 3            | 5 | 5 | 13  | 4.33      |
| 10. เนื้อหาของชุดกิจกรรมครอบคลุมความรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับ  | 4            | 5 | 5 | 14  | 4.67      |
| 11. เนื้อหาของชุดกิจกรรมมีการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม         | 4            | 5 | 5 | 14  | 4.67      |

ตาราง 14 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                    | ผู้เชี่ยวชาญ |   |   | รวม | $\bar{X}$ |
|------------------------------------------------------------------|--------------|---|---|-----|-----------|
|                                                                  | 1            | 2 | 3 |     |           |
| 12. เนื้อหาของชุดกิจกรรมเหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติจริง          | 4            | 4 | 5 | 13  | 4.33      |
| 13. รูปแบบของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้         | 5            | 5 | 5 | 15  | 5.00      |
| 14. ชุดกิจกรรมเหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์              | 5            | 4 | 5 | 14  | 4.67      |
| 15. ชุดกิจกรรมมีการจัดลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม                     | 4            | 5 | 5 | 14  | 4.67      |
| 16. ระยะเวลาในการใช้ชุดกิจกรรมมีความเหมาะสม                      | 4            | 5 | 5 | 14  | 4.67      |
| 17. ความถูกต้องของภาษา                                           | 4            | 5 | 4 | 13  | 4.33      |
| 18. การใช้สี สัน ขนาดตัวอักษร และภาพเหมาะสม                      | 4            | 5 | 5 | 14  | 4.67      |
| 19. การประเมินผลของชุดกิจกรรมครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน       | 3            | 5 | 5 | 13  | 4.33      |
| 20. การประเมินผลของชุดกิจกรรมมีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง | 3            | 4 | 5 | 12  | 4.00      |

ตาราง 15 แสดงค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความเหมาะสมขององค์ประกอบ กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

| รายการประเมิน                                                    | $\bar{X}$ | ระดับความ<br>เหมาะสม |
|------------------------------------------------------------------|-----------|----------------------|
| 1. ชุดกิจกรรมมีการบูรณาการตามรูปแบบสะเต็มศึกษา<br>ครบทุกสาขาวิชา | 5.00      | มากที่สุด            |
| 2. ชุดกิจกรรมเหมาะต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง               | 4.00      | มาก                  |
| 3. สถานการณ์ในชุดกิจกรรมมีความสอดคล้องและเหมาะสม<br>กับชีวิตจริง | 5.00      | มากที่สุด            |
| 4. ชุดกิจกรรมเหมาะต่อการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21                 | 5.00      | มากที่สุด            |
| 5. หลักการของชุดกิจกรรมมีความเป็นไปได้ในการนำไป<br>ปฏิบัติจริง   | 4.33      | มาก                  |
| 6. จุดประสงค์ของชุดกิจกรรมมีประโยชน์สำหรับผู้เรียน               | 5.00      | มากที่สุด            |
| 7. จุดประสงค์ของชุดกิจกรรมเหมาะสมต่อวัยของผู้เรียน               | 4.67      | มากที่สุด            |
| 8. จุดประสงค์ของชุดกิจกรรมมีความชัดเจนและเป็นไปได้               | 4.33      | มาก                  |
| 9. เนื้อหาของชุดกิจกรรมเหมาะสมกับวัยและความสนใจของ<br>ผู้เรียน   | 4.33      | มาก                  |
| 10. เนื้อหาของชุดกิจกรรมครอบคลุมความรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับ      | 4.67      | มากที่สุด            |
| 11. เนื้อหาของชุดกิจกรรมมีการจัดเรียงลำดับที่เหมาะสม             | 4.67      | มากที่สุด            |
| 12. เนื้อหาของชุดกิจกรรมเหมาะสมกับการนำไปใช้ปฏิบัติจริง          | 4.33      | มาก                  |
| 13. รูปแบบของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมต่อการจัดการ<br>เรียนรู้     | 5.00      | มากที่สุด            |
| 14. ชุดกิจกรรมเหมาะสมที่จะนำไปสู่การบรรลุจุดประสงค์              | 4.67      | มากที่สุด            |
| 15. ชุดกิจกรรมมีการจัดลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม                     | 4.67      | มากที่สุด            |
| 16. ระยะเวลาในการใช้ชุดกิจกรรมมีความเหมาะสม                      | 4.67      | มากที่สุด            |
| 17. ความถูกต้องของภาษา                                           | 4.33      | มาก                  |
| 18. การใช้สี สัน ขนาดตัวอักษร และภาพเหมาะสม                      | 4.67      | มากที่สุด            |

ตาราง 15 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                    | $\bar{X}$ | ระดับความเหมาะสม |
|------------------------------------------------------------------|-----------|------------------|
| 19. การประเมินผลของชุดกิจกรรมครอบคลุมสิ่งที่ต้องการประเมิน       | 4.33      | มาก              |
| 20. การประเมินผลของชุดกิจกรรมมีความเป็นไปได้ในการนำไปปฏิบัติจริง | 4.00      | มาก              |



ตาราง 16 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

| รายการประเมิน                                      | ผู้เชี่ยวชาญ |    |    | รวม | IOC | การพิจารณา |
|----------------------------------------------------|--------------|----|----|-----|-----|------------|
|                                                    | 1            | 2  | 3  |     |     |            |
| <b>1. ด้านจุดประสงค์ของกิจกรรม</b>                 |              |    |    |     |     |            |
| 1.1 จุดประสงค์สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้           | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 1.2 จุดประสงค์สอดคล้องกับตัวชี้วัด                 | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 1.3 จุดประสงค์สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้        | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 1.4 จุดประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหา                   | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| <b>2. ด้านเนื้อหา</b>                              |              |    |    |     |     |            |
| 2.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ของกิจกรรม         | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2.2 เนื้อหาถูกต้องและครอบคลุม                      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2.3 มีการจัดลำดับเนื้อหาที่เหมาะสม                 | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด                  | +1           | +1 | 0  | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |
| 2.5 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน          | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| <b>3. ด้านการใช้ภาษา</b>                           |              |    |    |     |     |            |
| 3.1 ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย                           | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3.2 ความถูกต้องของการใช้ภาษา                       | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3.3 การใช้ภาษาน่าสนใจ กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้    | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3.4 ภาษาที่ใช้เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน             | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3.5 ภาษาที่ใช้ส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้ภาษาที่ถูกต้อง | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |

ตาราง 16 ต่อ

| รายการประเมิน                                          | ผู้เชี่ยวชาญ |    |    | รวม | IOC | การพิจารณา |
|--------------------------------------------------------|--------------|----|----|-----|-----|------------|
|                                                        | 1            | 2  | 3  |     |     |            |
| 4. ด้านกิจกรรมส่งเสริมศึกษา                            |              |    |    |     |     |            |
| 4.1 กิจกรรมส่งเสริมศึกษาสอดคล้องกับจุดประสงค์          | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 4.2 กิจกรรมส่งเสริมศึกษาสอดคล้องกับเนื้อหา             | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 4.3 กิจกรรมส่งเสริมศึกษาสอดคล้องกับการประเมินผล        | +1           | +1 | 0  | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |
| 4.4 กิจกรรมส่งเสริมศึกษาสอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 4.5 การจัดลำดับกิจกรรมส่งเสริมศึกษามีความเหมาะสม       | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |

ตาราง 17 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดแนวคิด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ |    |    | รวม | IOC | การพิจารณา |
|--------|--------------|----|----|-----|-----|------------|
|        | 1            | 2  | 3  |     |     |            |
| 1      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 4      | 0            | +1 | +1 | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |
| 5      | +1           | +1 | 0  | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |
| 6      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 7      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 8      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 9      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 10     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 11     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 12     | 0            | +1 | +1 | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |
| 13     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 14     | +1           | +1 | 0  | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |
| 15     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 16     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 17     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 18     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 19     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 20     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 21     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 22     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 23     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 24     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |

ตาราง 17 (ต่อ)

| ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ |    |    | รวม | IOC | การพิจารณา |
|--------|--------------|----|----|-----|-----|------------|
|        | 1            | 2  | 3  |     |     |            |
| 25     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 26     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 27     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 28     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 29     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 30     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 31     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 32     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 33     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 34     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 35     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 36     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 37     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 38     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 39     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 40     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 41     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 42     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 43     | 0            | +1 | +1 | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |

ตาราง 18 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม  
ด้านความคิดสร้างสรรค์

| สถานการณ์ | ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ |    |    | รวม | IOC | การพิจารณา |
|-----------|--------|--------------|----|----|-----|-----|------------|
|           |        | 1            | 2  | 3  |     |     |            |
| 1         | 1      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 2      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 3      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2         | 1      | +1           | +1 | 0  | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |
|           | 2      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 3      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3         | 1      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 2      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 3      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 4         | 1      | +1           | +1 | 0  | 2   | 0.6 | ใช้ได้     |
|           | 2      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 3      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 5         | 1      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 2      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 3      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |

ตาราง 19 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม  
ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

| สถานการณ์ | ข้อที่ | ผู้เชี่ยวชาญ |    |    | รวม | IOC | การพิจารณา |
|-----------|--------|--------------|----|----|-----|-----|------------|
|           |        | 1            | 2  | 3  |     |     |            |
| 1         | 1      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 2      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 3      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2         | 4      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 5      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 6      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3         | 7      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 8      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 9      | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 4         | 10     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 11     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 12     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 5         | 13     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 14     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
|           | 15     | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |

ตาราง 20 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

| รายการประเมิน                                                                                                      | ผู้เชี่ยวชาญ |    |    | รวม | IOC | การพิจารณา |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----|----|-----|-----|------------|
|                                                                                                                    | 1            | 2  | 3  |     |     |            |
| 1. ทักษะด้านการสื่อสาร                                                                                             |              |    |    |     |     |            |
| 1.1 แสดงความคิดได้อย่างชัดเจนผ่าน<br>การพูดการเขียนและอวัจนภาษาใน<br>รูปแบบและบริบทต่างๆ                           | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 1.2 มีความสามารถในการตีความจาก<br>การฟังทั้งด้านความรู้ค่านิยมเจตคติ<br>และเจตนาของผู้ส่งสารอย่างมี<br>ประสิทธิภาพ | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 1.3 สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพใน<br>สิ่งแวดล้อมหลากหลาย(เช่นมีหลาย<br>ภาษา)                                         | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2. ทักษะด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่น                                                                                 |              |    |    |     |     |            |
| 2.1 แสดงความสามารถในการทำงาน<br>อย่างมีประสิทธิภาพและเคารพใน<br>ความแตกต่างของสมาชิกในทีม                          | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2.2 แสดงถึงความยืดหยุ่นและเต็มใจที่<br>จะช่วยให้เกิดการประนีประนอม<br>เพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน                 | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2.3 ให้การยอมรับในการมีความ<br>รับผิดชอบในการทำงานแบบร่วมมือ<br>และให้คุณค่ากับการอุทิศตนของ<br>สมาชิกในทีม        | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |

ตาราง 21 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบประเมินชิ้นงาน

| รายการประเมิน                                                                     | ผู้เชี่ยวชาญ |    |    | รวม | IOC | การพิจารณา |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|----|----|-----|-----|------------|
|                                                                                   | 1            | 2  | 3  |     |     |            |
| ความแปลกใหม่                                                                      |              |    |    |     |     |            |
| 1.1 ตรวจสอบด้านการออกแบบว่าซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่ (เคยมีแล้ว-ใหม่)                  | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 1.2. ตรวจสอบความน่าสนใจ (เฉยๆ - น่าสนใจ)                                          | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 1.3. ตรวจสอบความมีเอกลักษณ์ในชิ้นงาน (ไม่มีเอกลักษณ์ - มีเอกลักษณ์)               | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| เป้าหมายของการสร้างชิ้นงาน                                                        |              |    |    |     |     |            |
| 2.1 ตรวจสอบความสามารถในการใช้ประโยชน์ (ไม่มีประโยชน์ - มีประโยชน์)                | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2.2 ตรวจสอบความเหมาะสมของชิ้นงานต่อเป้าหมายที่ต้องการสร้าง (ไม่เหมาะสม - เหมาะสม) | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 2.3 ตรวจสอบความจำเป็นของชิ้นงานต่อการแก้ไขปัญหา (ไม่จำเป็น – จำเป็น)              | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| ความประณีต และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน                                                |              |    |    |     |     |            |
| 3.1 ตรวจสอบความน่าใช้ของชิ้นงาน (ไม่น่าใช้งาน - น่าใช้งาน)                        | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3.2 ตรวจสอบความเรียบร้อย ความประณีตของชิ้นงาน (งานไม่ประณีต - งานประณีต)          | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |
| 3.3 ตรวจสอบความยากง่ายในการใช้งาน (ใช้งานยาก - ใช้งานง่าย)                        | +1           | +1 | +1 | 3   | 1   | ใช้ได้     |

ตาราง 22 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ  
วัดแนวคิดทางการเรียนเรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

| ข้อที่ | p    | r    | การพิจารณา | ข้อที่เลือก |
|--------|------|------|------------|-------------|
| 1      | 0.42 | 0.08 | ตัดทิ้ง    |             |
| 2      | 0.43 | 0.01 | ปรับปรุง   |             |
| 3      | 0.37 | 0.50 | ใช้ได้     | ✓           |
| 4      | 0.47 | 0.53 | ใช้ได้     | ✓           |
| 5      | 0.83 | 0.35 | ใช้ได้     |             |
| 6      | 0.35 | 0.14 | ตัดทิ้ง    |             |
| 7      | 0.77 | 0.41 | ใช้ได้     | ✓           |
| 8      | 0.78 | 0.55 | ใช้ได้     | ✓           |
| 9      | 0.46 | 0.05 | ตัดทิ้ง    |             |
| 10     | 0.69 | 0.44 | ใช้ได้     | ✓           |
| 11     | 0.77 | 0.09 | ตัดทิ้ง    |             |
| 12     | 0.32 | 0.03 | ตัดทิ้ง    |             |
| 13     | 0.49 | 0.43 | ใช้ได้     | ✓           |
| 14     | 0.19 | 0.18 | ตัดทิ้ง    |             |
| 15     | 0.73 | 0.41 | ใช้ได้     | ✓           |
| 16     | 0.36 | 0.05 | ตัดทิ้ง    |             |
| 17     | 0.51 | 0.40 | ใช้ได้     | ✓           |
| 18     | 0.75 | 0.35 | ใช้ได้     | ✓           |
| 19     | 0.32 | 0.64 | ใช้ได้     | ✓           |
| 20     | 0.55 | 0.00 | ตัดทิ้ง    |             |
| 21     | 0.35 | 0.09 | ตัดทิ้ง    |             |
| 22     | 0.43 | 0.48 | ใช้ได้     | ✓           |
| 23     | 0.76 | 0.57 | ใช้ได้     | ✓           |
| 24     | 0.04 | 0.00 | ตัดทิ้ง    |             |
| 25     | 0.16 | 0.10 | ตัดทิ้ง    |             |

ตาราง 22 (ต่อ)

| ข้อที่ | p    | r    | การพิจารณา | ข้อที่เลือก |
|--------|------|------|------------|-------------|
| 26     | 0.80 | 0.30 | ใช้ได้     |             |
| 27     | 0.33 | 0.00 | ตัดทิ้ง    |             |
| 28     | 0.48 | 0.43 | ใช้ได้     | ✓           |
| 29     | 0.20 | 0.20 | ตัดทิ้ง    |             |
| 30     | 0.48 | 0.43 | ใช้ได้     | ✓           |
| 31     | 0.75 | 0.42 | ใช้ได้     | ✓           |
| 32     | 0.71 | 0.32 | ใช้ได้     | ✓           |
| 33     | 0.16 | 0.20 | ตัดทิ้ง    |             |
| 34     | 0.68 | 0.38 | ใช้ได้     | ✓           |
| 35     | 0.72 | 0.49 | ใช้ได้     | ✓           |
| 36     | 0.43 | 0.31 | ใช้ได้     | ✓           |
| 37     | 0.47 | 0.38 | ใช้ได้     | ✓           |
| 38     | 0.04 | 0.06 | ตัดทิ้ง    |             |
| 39     | 0.36 | 0.08 | ตัดทิ้ง    |             |
| 40     | 0.14 | 0.05 | ตัดทิ้ง    |             |
| 41     | 0.65 | 0.38 | ใช้ได้     | ✓           |
| 42     | 0.79 | 0.52 | ใช้ได้     |             |
| 43     | 0.33 | 0.05 | ตัดทิ้ง    |             |

## หมายเหตุ

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.32-0.77 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.30 ขึ้นไป อีกทั้งยังพิจารณาถึงจุดประสงค์ในการทดสอบในแต่ละข้อด้วย โดยเลือกแบบทดสอบทั้งหมด 21 ข้อ หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบได้ 0.91

ตาราง 23 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ วัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

| สถานการณ์ | p    | r    | การพิจารณา | ข้อที่เลือก |
|-----------|------|------|------------|-------------|
| 1         | 0.44 | 0.83 | ใช้ได้     | ✓           |
| 2         | 0.42 | 1.02 | ใช้ได้     | ✓           |
| 3         | 0.41 | 0.98 | ใช้ได้     | ✓           |
| 4         | 0.43 | 1.14 | ใช้ได้     |             |
| 5         | 0.41 | 1.11 | ใช้ได้     |             |

#### หมายเหตุ

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.41 - 0.45 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.41 ขึ้นไป ซึ่งการคัดเลือกข้อสอบนั้นนอกจากจะใช้ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกเป็นเกณฑ์แล้วผู้วิจัยคำนึงถึงความแปลกใหม่ของสถานการณ์ โดยเลือกไว้ 3 สถานการณ์ และนำไปหาความเชื่อมั่นได้เท่ากับ 1.25

ตาราง 24 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ วัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์

| สถานการณ์ | p    | r    | การพิจารณา | ข้อที่เลือก |
|-----------|------|------|------------|-------------|
| 1         | 0.39 | 0.85 | ตัดทิ้ง    |             |
| 2         | 0.40 | 0.46 | ใช้ได้     |             |
| 3         | 0.44 | 0.55 | ใช้ได้     | ✓           |
| 4         | 0.45 | 0.48 | ใช้ได้     | ✓           |
| 5         | 0.44 | 0.67 | ใช้ได้     | ✓           |

#### หมายเหตุ

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.41 - 0.50 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.41 ขึ้นไป ซึ่งการคัดเลือกข้อสอบนั้นนอกจากจะใช้ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกเป็นเกณฑ์แล้วผู้วิจัยคำนึงถึงความแปลกใหม่ของสถานการณ์ โดยเลือกไว้ 3 สถานการณ์ และนำไปหาความเชื่อมั่นได้เท่ากับ 1.01

ตาราง 25 แสดงผลการทดสอบแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาของนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

| เลขที่ | คะแนนแบบทดสอบแนวคิด<br>(63 คะแนน) | คะแนนร้อยละ | การแปลผล     |
|--------|-----------------------------------|-------------|--------------|
| 1      | 47.5                              | 75          | ผ่านเกณฑ์    |
| 2      | 51.0                              | 81          | ผ่านเกณฑ์    |
| 3      | 60.0                              | 95          | ผ่านเกณฑ์    |
| 4      | 56.0                              | 89          | ผ่านเกณฑ์    |
| 5      | 57.0                              | 90          | ผ่านเกณฑ์    |
| 6      | 42.5                              | 67          | ผ่านเกณฑ์    |
| 7      | 53.0                              | 84          | ผ่านเกณฑ์    |
| 8      | 60.5                              | 96          | ผ่านเกณฑ์    |
| 9      | 45.0                              | 71          | ผ่านเกณฑ์    |
| 10     | 24.0                              | 38          | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 11     | 52.5                              | 83          | ผ่านเกณฑ์    |
| 12     | 34.5                              | 55          | ผ่านเกณฑ์    |
| 13     | 60.5                              | 96          | ผ่านเกณฑ์    |
| 14     | 7.0                               | 11          | ไม่ผ่านเกณฑ์ |
| 15     | 44.0                              | 70          | ผ่านเกณฑ์    |
| 16     | 42.0                              | 67          | ผ่านเกณฑ์    |
| 17     | 53.5                              | 85          | ผ่านเกณฑ์    |
| 18     | 59.0                              | 94          | ผ่านเกณฑ์    |
| 19     | 40.5                              | 64          | ผ่านเกณฑ์    |
| 20     | 46.0                              | 73          | ผ่านเกณฑ์    |
| 21     | 49.0                              | 78          | ผ่านเกณฑ์    |
| 22     | 51.5                              | 82          | ผ่านเกณฑ์    |

ตาราง 25 (ต่อ)

| เลขที่ | คะแนนแบบทดสอบแนวคิด<br>(63 คะแนน) | คะแนนร้อยละ | การแปลผล  |
|--------|-----------------------------------|-------------|-----------|
| 23     | 52.0                              | 83          | ผ่านเกณฑ์ |
| 24     | 51.0                              | 81          | ผ่านเกณฑ์ |
| 25     | 58.5                              | 93          | ผ่านเกณฑ์ |
| 26     | 57.0                              | 90          | ผ่านเกณฑ์ |
| 27     | 56.0                              | 89          | ผ่านเกณฑ์ |
| 28     | 51.5                              | 82          | ผ่านเกณฑ์ |
| 29     | 56.5                              | 90          | ผ่านเกณฑ์ |



ภาคผนวก ง

ตาราง 26 แสดงผลการทดสอบแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

| เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน<br>(63 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(63 คะแนน) |
|--------|------------------------------|------------------------------|
| 1      | 13.0                         | 59.0                         |
| 2      | 20.0                         | 60.5                         |
| 3      | 13.0                         | 56.5                         |
| 4      | 22.0                         | 47.5                         |
| 5      | 34.0                         | 47.0                         |
| 6      | 16.0                         | 51.0                         |
| 7      | 17.0                         | 55.5                         |
| 8      | 9.0                          | 18.0                         |
| 9      | 31.0                         | 52.5                         |
| 10     | 17.0                         | 57.0                         |
| 11     | 28.0                         | 56.5                         |
| 12     | 20.0                         | 55.0                         |
| 13     | 21.0                         | 20.5                         |
| 14     | 22.0                         | 52.0                         |
| 15     | 22.0                         | 25.0                         |
| 16     | 28.0                         | 49.5                         |
| 17     | 29.0                         | 48.5                         |
| 18     | 29.0                         | 27.5                         |
| 19     | 34.0                         | 47.5                         |
| 20     | 9.0                          | 49.5                         |
| 21     | 33.0                         | 49.0                         |
| 22     | 27.0                         | 50.5                         |

ตาราง 26 (ต่อ)

| เลขที่    | คะแนนก่อนเรียน | คะแนนหลังเรียน |
|-----------|----------------|----------------|
|           | (63 คะแนน)     | (63 คะแนน)     |
| 23        | 28.0           | 56.5           |
| 24        | 21.0           | 47.5           |
| 25        | 28.0           | 46.0           |
| 26        | 10.0           | 55.0           |
| 27        | 30.0           | 53.5           |
| 28        | 10.0           | 35.5           |
| 29        | 28.0           | 50.5           |
| 30        | 10.0           | 54.0           |
| 31        | 14.0           | 52.0           |
| 32        | 12.0           | 46.5           |
| 33        | 12.0           | 57.0           |
| $\bar{X}$ | 21.12          | 48.17          |
| S.D.      | 8.15           | 10.79          |
| ร้อยละ    | 33.53          | 76.46          |

ตาราง 27 แสดงผลการทดสอบแนวคิดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาของนักเรียนกลุ่มควบคุม ที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ

| เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน<br>(63 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(63 คะแนน) |
|--------|------------------------------|------------------------------|
| 1      | 21.0                         | 37.5                         |
| 2      | 21.0                         | 50.0                         |
| 3      | 34.0                         | 44.5                         |
| 4      | 27.0                         | 48.0                         |
| 5      | 13.0                         | 45.5                         |
| 6      | 25.0                         | 54.0                         |
| 7      | 15.0                         | 47.0                         |
| 8      | 23.0                         | 43.0                         |
| 9      | 19.0                         | 54.5                         |
| 10     | 29.0                         | 47.0                         |
| 11     | 21.0                         | 51.5                         |
| 12     | 15.0                         | 42.0                         |
| 13     | 11.0                         | 38.0                         |
| 14     | 27.0                         | 41.5                         |
| 15     | 11.0                         | 52.0                         |
| 16     | 6.0                          | 29.0                         |
| 17     | 38.0                         | 41.0                         |
| 18     | 13.0                         | 51.0                         |
| 19     | 10.0                         | 55.5                         |
| 20     | 34.0                         | 54.0                         |
| 21     | 9.0                          | 19.5                         |
| 22     | 23.0                         | 38.5                         |
| 23     | 20.0                         | 41.5                         |
| 24     | 15.0                         | 43.0                         |

ตาราง 27 (ต่อ)

| เลขที่    | คะแนนก่อนเรียน<br>(63 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(63 คะแนน) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|
| 25        | 8.0                          | 18.0                         |
| 26        | 19.0                         | 42.5                         |
| 27        | 16.0                         | 51.0                         |
| 28        | 15.0                         | 49.5                         |
| 29        | 12.0                         | 47.0                         |
| 30        | 26.0                         | 42.5                         |
| 31        | 11.0                         | 35.0                         |
| 32        | 14.0                         | 23.5                         |
| 33        | 21.0                         | 34.5                         |
| $\bar{X}$ | 18.85                        | 42.80                        |
| S.D.      | 8.01                         | 9.62                         |
| ร้อยละ    | 29.92                        | 67.94                        |

ตาราง 28 แสดงผลคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

| เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน<br>(36 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(36 คะแนน) |
|--------|------------------------------|------------------------------|
| 1      | 16                           | 17                           |
| 2      | 15                           | 20                           |
| 3      | 15                           | 23                           |
| 4      | 8                            | 16                           |
| 5      | 11                           | 25                           |
| 6      | 17                           | 19                           |
| 7      | 14                           | 20                           |
| 8      | 13                           | 22                           |
| 9      | 20                           | 22                           |
| 10     | 9                            | 19                           |
| 11     | 14                           | 21                           |
| 12     | 12                           | 19                           |
| 13     | 7                            | 20                           |
| 14     | 14                           | 20                           |
| 15     | 14                           | 20                           |
| 16     | 5                            | 23                           |
| 17     | 14                           | 19                           |
| 18     | 13                           | 20                           |
| 19     | 11                           | 18                           |
| 20     | 19                           | 21                           |
| 21     | 8                            | 17                           |
| 22     | 13                           | 15                           |

ตาราง 28 (ต่อ)

| เลขที่    | คะแนนก่อนเรียน<br>(36 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(36 คะแนน) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|
| 23        | 6                            | 23                           |
| 24        | 12                           | 16                           |
| 25        | 15                           | 22                           |
| 26        | 16                           | 20                           |
| 27        | 13                           | 24                           |
| 28        | 8                            | 16                           |
| 29        | 16                           | 19                           |
| 30        | 11                           | 24                           |
| 31        | 9                            | 24                           |
| 32        | 11                           | 20                           |
| 33        | 15                           | 18                           |
| $\bar{X}$ | 12.55                        | 20.06                        |
| S.D.      | 4.00                         | 2.61                         |
| ร้อยละ    | 34.85                        | 55.72                        |

ตาราง 29 แสดงผลคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

| เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน<br>(36 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(36 คะแนน) |
|--------|------------------------------|------------------------------|
| 1      | 11                           | 19                           |
| 2      | 17                           | 19                           |
| 3      | 22                           | 23                           |
| 4      | 15                           | 19                           |
| 5      | 19                           | 23                           |
| 6      | 17                           | 21                           |
| 7      | 14                           | 18                           |
| 8      | 13                           | 21                           |
| 9      | 21                           | 22                           |
| 10     | 10                           | 16                           |
| 11     | 17                           | 20                           |
| 12     | 15                           | 17                           |
| 13     | 15                           | 20                           |
| 14     | 14                           | 16                           |
| 15     | 13                           | 21                           |
| 16     | 20                           | 22                           |
| 17     | 13                           | 22                           |
| 18     | 9                            | 16                           |
| 19     | 12                           | 18                           |
| 20     | 11                           | 18                           |
| 21     | 12                           | 21                           |
| 22     | 15                           | 17                           |

ตาราง 29 (ต่อ)

| เลขที่    | คะแนนก่อนเรียน<br>(36 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(36 คะแนน) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|
| 23        | 17                           | 20                           |
| 24        | 16                           | 20                           |
| 25        | 16                           | 20                           |
| 26        | 25                           | 26                           |
| 27        | 9                            | 16                           |
| 28        | 11                           | 17                           |
| 29        | 15                           | 22                           |
| 30        | 14                           | 19                           |
| 31        | 10                           | 17                           |
| 32        | 23                           | 24                           |
| 33        | 10                           | 19                           |
| $\bar{X}$ | 14.88                        | 19.67                        |
| S.D.      | 4.09                         | 2.52                         |
| ร้อยละ    | 41.33                        | 54.63                        |

ตาราง 30 แสดงผลคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการสื่อสารและการทำงานเป็น  
 ร่วมกับผู้อื่นก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง  
 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ  
 นวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

| เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน<br>(24 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(24 คะแนน) |
|--------|------------------------------|------------------------------|
| 1      | 16                           | 22                           |
| 2      | 16                           | 22                           |
| 3      | 11                           | 20                           |
| 4      | 10                           | 18                           |
| 5      | 12                           | 20                           |
| 6      | 19                           | 22                           |
| 7      | 12                           | 20                           |
| 8      | 12                           | 20                           |
| 9      | 19                           | 22                           |
| 10     | 17                           | 21                           |
| 11     | 19                           | 22                           |
| 12     | 11                           | 20                           |
| 13     | 11                           | 20                           |
| 14     | 19                           | 22                           |
| 15     | 18                           | 23                           |
| 16     | 16                           | 22                           |
| 17     | 16                           | 22                           |
| 18     | 16                           | 22                           |
| 19     | 18                           | 23                           |
| 20     | 18                           | 23                           |
| 21     | 18                           | 23                           |
| 22     | 12                           | 20                           |

ตาราง 30 (ต่อ)

| เลขที่    | คะแนนก่อนเรียน<br>(24 คะแนน) | คะแนนหลังเรียน<br>(24 คะแนน) |
|-----------|------------------------------|------------------------------|
| 23        | 10                           | 18                           |
| 24        | 12                           | 20                           |
| 25        | 17                           | 21                           |
| 26        | 19                           | 22                           |
| 27        | 10                           | 18                           |
| 28        | 17                           | 21                           |
| 29        | 10                           | 18                           |
| 30        | 11                           | 20                           |
| 31        | 10                           | 18                           |
| 32        | 17                           | 21                           |
| 33        | 17                           | 21                           |
| $\bar{X}$ | 14.73                        | 20.82                        |
| S.D.      | 3.41                         | 1.57                         |
| ร้อยละ    | 61.36                        | 86.74                        |

ตาราง 31 แสดงผลคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ  
ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น หลังเรียนของนักเรียนที่จัดการเรียนรู้  
แบบปกติ

| เลขที่ | การคิดอย่างมีวิจารณญาณ<br>(36 คะแนน) | ความคิดสร้างสรรค์<br>(36 คะแนน) | การสื่อสารและการทำงาน<br>ร่วมกับผู้อื่น (24 คะแนน) |
|--------|--------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1      | 16                                   | 18                              | 17                                                 |
| 2      | 16                                   | 19                              | 16                                                 |
| 3      | 19                                   | 17                              | 17                                                 |
| 4      | 21                                   | 16                              | 20                                                 |
| 5      | 14                                   | 23                              | 16                                                 |
| 6      | 19                                   | 13                              | 18                                                 |
| 7      | 20                                   | 16                              | 16                                                 |
| 8      | 17                                   | 14                              | 17                                                 |
| 9      | 22                                   | 15                              | 18                                                 |
| 10     | 20                                   | 15                              | 18                                                 |
| 11     | 18                                   | 15                              | 16                                                 |
| 12     | 18                                   | 19                              | 16                                                 |
| 13     | 16                                   | 18                              | 16                                                 |
| 14     | 22                                   | 20                              | 16                                                 |
| 15     | 15                                   | 16                              | 18                                                 |
| 16     | 19                                   | 19                              | 15                                                 |
| 17     | 17                                   | 16                              | 18                                                 |
| 18     | 15                                   | 18                              | 17                                                 |
| 19     | 17                                   | 17                              | 16                                                 |
| 20     | 18                                   | 14                              | 16                                                 |
| 21     | 19                                   | 16                              | 18                                                 |
| 22     | 18                                   | 15                              | 17                                                 |
| 23     | 16                                   | 13                              | 15                                                 |

ตาราง 31 (ต่อ)

| เลขที่    | การคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณ<br>(36 คะแนน) | ความคิดสร้างสรรค์<br>(36 คะแนน) | การสื่อสารและการทำงาน<br>ร่วมกับผู้อื่น (24 คะแนน) |
|-----------|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------|
| 24        | 16                                    | 16                              | 16                                                 |
| 25        | 20                                    | 20                              | 15                                                 |
| 26        | 17                                    | 20                              | 15                                                 |
| 27        | 17                                    | 17                              | 20                                                 |
| 28        | 18                                    | 20                              | 20                                                 |
| 29        | 19                                    | 21                              | 20                                                 |
| 30        | 17                                    | 24                              | 16                                                 |
| 31        | 13                                    | 16                              | 20                                                 |
| 32        | 22                                    | 16                              | 15                                                 |
| 33        | 18                                    | 15                              | 16                                                 |
| $\bar{X}$ | 17.85                                 | 17.18                           | 16.97                                              |
| S.D.      | 2.22                                  | 2.67                            | 1.61                                               |
| ร้อยละ    | 49.58                                 | 47.73                           | 70.70                                              |

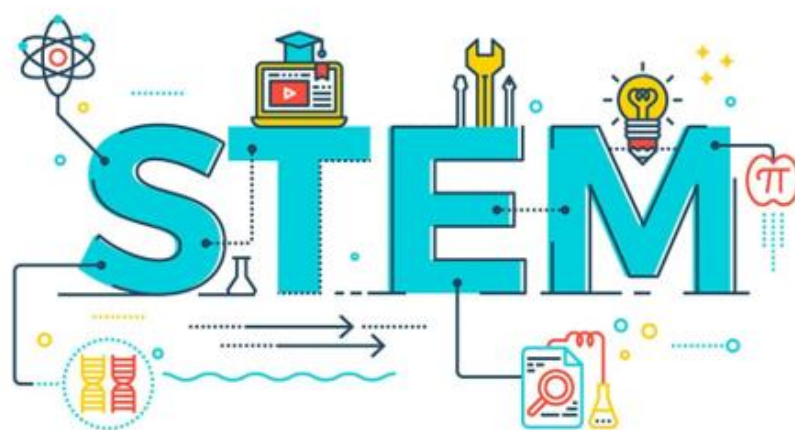


ภาคผนวก จ

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

## กิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี

### เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



ภาควิชาเคมี

คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ชื่อ \_\_\_\_\_ ชั้น \_\_\_\_\_ เลขที่ \_\_\_\_\_

### คำชี้แจง

1. ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สอดคล้องกับสาระเคมีที่ 2. เข้าใจการเรียนรู้และการดูแลสุขภาพเคมี ปริมาณสารสัมพันธ์ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์ไฟฟ้าเคมี รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
2. ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ใช้เวลา 7 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที
3. ระหว่างดำเนินกิจกรรมหากมีข้อสงสัยสามารถถามครูผู้สอนได้

### จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้เรื่องปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ดังกล่าวในการทำการทดลองผลิตแก๊สไฮโดรเจน
2. เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา
3. เพื่อพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

### ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. นักเรียนมีแนวคิดเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ต่ำกว่าร้อยละ 50
2. นักเรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม สูงกว่าก่อนเรียน



นักเรียนลองช่วยกันหาว่ามี  
พลังงานทดแทนอะไรบ้าง ?

รวบรวมข้อมูล



(แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานทดแทน)



1. \_\_\_\_\_
2. \_\_\_\_\_
3. \_\_\_\_\_
4. \_\_\_\_\_

### พลังงานทดแทนน้องใหม่มาแรง!!



หนึ่งในพลังงานทดแทนที่กำลังมาแรง ณ ขณะนี้ก็คือพลังงานจากแก๊สไฮโดรเจน โดยไฮโดรเจนเป็นธาตุที่เบาที่สุดและเป็นองค์ประกอบของน้ำ ( $H_2O$ ) ที่มีมากที่สุดบนโลก นอกจากนี้ยังเป็นธาตุที่รวมอยู่ในโมเลกุลของสารประกอบอื่นๆ เช่น สารประกอบจำพวกไฮโดรคาร์บอน ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของปิโตรเลียมที่มีความสำคัญสำหรับการพัฒนาทางเศรษฐกิจของประเทศ คุณสมบัติทั่วไปของไฮโดรเจน คือไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟง่าย มีความสะอาดสูง ไม่เป็นพิษและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประโยชน์ของการนำก๊าซไฮโดรเจนมาใช้งานคือใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้และให้ความร้อนออกมา หรือใช้ในเซลล์เชื้อเพลิงโดยปฏิกิริยาทางเคมีแล้วเกิดกระแสไฟฟ้าซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในการขับเคลื่อนรถ ผลิตภัณฑ์อิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กและอื่นๆ



(แหล่งข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานแก๊สไฮโดรเจน)

พลังงานจากแก๊สไฮโดรเจนมี  
ข้อดี ข้อเสียอะไรบ้าง ?



| ข้อดี    | ข้อจำกัด |
|----------|----------|
| 1. _____ | 1. _____ |
| 2. _____ | 2. _____ |
| 3. _____ | 3. _____ |
| 4. _____ | 4. _____ |

### สถานการณ์สมมติ

เยาวชนรุ่นใหม่รวมกลุ่มกันก่อตั้งบริษัทสตาร์ทอัพขึ้นมาเพื่อคิดค้นวิธีผลิตแก๊สไฮโดรเจน สำหรับเป็นแหล่งพลังงานในประเทศไทย โดยนักเรียนร่วมกับแบ่งฝ่ายและกำหนดหน้าที่ของแต่ละฝ่าย รวมถึงเป้าหมายที่ต้องการ

บทบาทสมมติ



กลุ่มของนักเรียนร่วมกันตั้งชื่อบริษัทและแบ่งหน้าที่  
ของแต่ละคนในกลุ่มพร้อม เหตุผลประกอบการ  
ตัดสินใจรับหน้าที่นั้น



### ปรับปรุงการผลิตแก๊สไฮโดรเจน

#### วัสดุ และอุปกรณ์ที่จะใช้

อุปกรณ์ที่ต้องการเพิ่มเติม

ให้นักเรียนรายงานผลที่ได้จากการทดลองผลิตแก๊ส ในด้านของปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น ร้อยละผลได้เมื่อเทียบกับทฤษฎี ปัญหาที่เกิดขึ้น ข้อเสนอแนะที่จะปรับปรุงให้ดีขึ้นกว่าเดิม

#### รายงานผลการปรับปรุง

ให้นักเรียนระบุต้นทุนที่ใช้ในการผลิตแก๊สไฮโดรเจน



### ต้นทุนรวม

| รายการ            | จำนวน | ราคา |
|-------------------|-------|------|
| NaOH              |       |      |
| กระป๋องอลูมิเนียม |       |      |
| กระดาษทราย        |       |      |
|                   | รวม   |      |

### ปริมาณแก๊สที่ผลิตได้

### กำไร/ขาดทุน

| รายได้ | ต้นทุน | กำไร |
|--------|--------|------|
|        |        |      |

(กำไร/ขาดทุน หาได้จากการนำราคาสินค้าที่ขายได้ลบกับต้นทุน)

## แบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์

คำชี้แจง แบบทดสอบนี้เป็นแบบอัตนัยซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ และคำถามสำหรับ  
สถานการณ์ละ 3 ข้อ ให้ผู้เรียนตอบคำถามตามสถานการณ์ โดยผู้เรียนต้องตอบคำถามให้ครบทุก  
ข้อ

### สถานการณ์ที่ 5

สมมติว่านักเรียนเป็นนักออกแบบ ที่มีชื่อเสียงโด่งดัง และได้รับว่าจ้างให้ออกแบบภาชนะ  
สำหรับบรรจุอาหาร จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนออกแบบภาชนะบรรจุอาหาร จากเส้นที่กำหนดให้ดังต่อไปนี้ พร้อมทั้งระบุสี  
และส่วนประกอบของภาชนะ



2. ให้นักเรียนบอกคุณสมบัติของภาชนะบรรจุอาหารของนักเรียนให้ได้มากที่สุด

3. ให้นักเรียนบอกชื่อของอาหารที่จะสามารถบรรจุในภาชนะที่นักเรียนออกแบบให้ได้มาก  
ที่สุด

## แบบทดสอบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

คำชี้แจง แบบทดสอบนี้เป็นแบบอัตนัยซึ่งประกอบด้วยสถานการณ์ และคำถามสำหรับ  
สถานการณ์ละ 3 ข้อ ให้ผู้เรียนตอบคำถามตามสถานการณ์ โดยผู้เรียนต้องตอบคำถามให้ครบทุก  
ข้อ

### สถานการณ์ที่ 1

ชาวบ้านร้องเรียนต่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้ช่วยมาตรวจสอบ จากกรณีพบน้ำในคลองเป็นสี  
ชมพู จากมีการลักลอบปล่อยน้ำเสียที่ไม่ผ่านการบำบัดลงคลองที่ใช้ในการทำมาหากินของ  
ชาวบ้าน ข้ายังไม่รู้ว่าน้ำในคลองนั้นมีอันตรายมากน้อยแค่ไหน

1. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่า การลักลอบปล่อยน้ำเสียจะส่งผลกระทบต่อด้านใดบ้าง จง  
อธิบาย

2. นักเรียนคิดว่าหน่วยงานที่เกี่ยวข้องควรแก้ไขเรื่องอะไรเป็นอันดับแรก เพราะเหตุใด

3. นักเรียนคิดว่าจะป้องกันปัญหานี้ไม่ให้เกิดขึ้นในอนาคตได้อย่างไร

## แบบประเมินทักษะการสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น

### สมาชิก

- 1..... เลขที่.....
- 2..... เลขที่.....
- 3..... เลขที่.....
- 4..... เลขที่.....

| รายการประเมิน                                                                                         | ระดับ |   |   |   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---|---|---|
|                                                                                                       | 4     | 3 | 2 | 1 |
| <b>การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ</b>                                                                   |       |   |   |   |
| - แสดงความคิดเห็นได้อย่างชัดเจนผ่านการพูดการเขียนในรูปแบบและบริบทต่างๆ                                |       |   |   |   |
| - มีความสามารถในการตีความจากการฟังทั้งด้านความรู้ค่านิยมเจตคติและเจตนาของผู้สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ |       |   |   |   |
| - สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพในสิ่งแวดล้อมหลากหลาย(เช่นมีหลายภาษา)                                      |       |   |   |   |
| <b>ทำงานร่วมกับผู้อื่น</b>                                                                            |       |   |   |   |
| - แสดงความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเคารพในความแตกต่างของสมาชิกในทีม                       |       |   |   |   |
| - แสดงถึงความยืดหยุ่นและเต็มใจที่จะช่วยให้เกิดการประนีประนอมเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน              |       |   |   |   |
| - ให้การยอมรับในการมีความรับผิดชอบในการทำงานแบบร่วมมือและให้คุณค่ากับการอุทิศตนของสมาชิกในทีม         |       |   |   |   |

| การสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ                                                                             |                                                                                                                         |                                                                                       |                                                                                                                             |                                                                                                                           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                          | 4<br>เกินกว่ามาตรฐาน                                                                                                    | 3<br>ตามมาตรฐาน                                                                       | 2<br>ใกล้เคียงมาตรฐาน                                                                                                       | 1<br>ต่ำกว่ามาตรฐาน                                                                                                       |
| 1. แสดงความคิดได้อย่างชัดเจนผ่าน การพูดการเขียน และอวัจนภาษาใน รูปแบบและบริบท ต่างๆ                      | ทำงานอย่าง สร้างสรรค์ในการ สร้างและนำเสนอ ความเข้าใจผ่าน ทางสื่อมัลติมีเดีย โดยใช้ทางวัฒนธรรม และอวัจนภาษาใน การสื่อสาร | นำเสนอความคิด ผ่านทางสื่อมัล ติมีเดียโดยใช้ทั้ง วัจนและอวัจน ภาษาในการ สื่อสาร        | สร้างสื่อนำเสนอ มัลติมีเดียแต่การ ระบุสื่อสารทั้งวัจน และอวัจนภาษา ยังไม่มี ประสิทธิภาพ                                     | สร้างสื่อมัลติมีเดีย แต่ไม่ได้นำเสนอ รวมทั้งล้มเหลวใน การนำเสนอสื่อมัล ติมีเดียโดยไม่ได้ สื่อสารผ่านทางวัจน และอวัจน ภาษา |
| 2. มีความสามารถในการตีความจาก การฟังทั้งด้าน ความรู้ค่านิยมเจตคติและเจตนาของผู้ ส่งสารอย่างมีประสิทธิภาพ | สะท้อนความคิด และระบุแนวทางการนำความรู้ ค่านิยมเจตคติและเจตนาของ ข้อความที่ได้รับ อย่างรอบคอบ                           | สะท้อนเกี่ยวกับ ความหมาย ค่านิยมเจตคติและเจตนาของ ข้อความที่ได้รับ อย่างมีประสิทธิภาพ | พยายามฟังและสะท้อน ความหมายของ ข้อความแต่พลาด ในหัวใจหลัก ค่านิยมเจตคติและเจตนาของ ข้อความและพลาด ในประเด็นสำคัญ ของข้อความ | ฟังข้อความแต่ไม่ เข้าใจในข้อความ หรือไม่สามารถ สะท้อนถึง ความหมายของ ข้อความที่ฟังได้                                     |
| 3. สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพใน สิ่งแวดล้อม หลากหลาย(เช่นมี หลายภาษา)                                     | สื่อสารกับผู้อื่น อย่างมีประสิทธิภาพใน สิ่งแวดล้อมที่ หลากหลายโดย ใช้วัจนและอวัจน ภาษาในการ สื่อสาร                     | สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพใน สิ่งแวดล้อมที่ หลากหลาย                                   | สื่อสารกับผู้อื่นใน สิ่งแวดล้อมที่ หลากหลายแต่ ล้มเหลวในการ สื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพกับ ผู้อื่น                            | ล้มเหลวในการ สื่อสารกับผู้อื่นใน สิ่งแวดล้อมที่ หลากหลาย                                                                  |

| การทำงานร่วมกับผู้อื่น                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                        | 4<br>เกินกว่ามาตรฐาน                                                                                                                                                                                                  | 3<br>ตามมาตรฐาน                                                                                                                                 | 2<br>ใกล้เคียงมาตรฐาน                                                                                                                                                               | 1<br>ต่ำกว่ามาตรฐาน                                                                                                                                      |
| 1.แสดง<br>ความสามารถใน<br>การทำงานอย่างมี<br>ประสิทธิภาพและ<br>เคารพในความ<br>แตกต่างของ<br>สมาชิกในทีม                | รับฟังผู้อื่นอย่าง<br>สม่ำเสมอทุก<br>ถ้อยคำการ<br>ตอบสนองและ<br>ภาษาร่างกาย<br>จะต้องแสดงความ<br>เคารพผู้อื่นมีความ<br>เหมาะสม<br>นอกจากนั้นจะต้อง<br>รับฟังผู้อื่นแบ่งปัน<br>และสนับสนุน<br>ความพยายามของ<br>ผู้อื่น | รับฟังผู้อื่นแบ่งปัน<br>และสนับสนุน<br>ความพยายามของ<br>ผู้อื่นทุกถ้อยคำ<br>และการตอบสนอง<br>จะต้องแสดงความ<br>เคารพผู้อื่นและมี<br>ความเหมาะสม | ถ้อยคำการ<br>ตอบสนองและ<br>ภาษากายส่วน<br>ใหญ่แสดงความ<br>เคารพผู้อื่นแต่ก็มี<br>การแสดงออกใน<br>ด้านลบอยู่บ้าง<br>มักจะไม่นับฟัง<br>แบ่งปันและ<br>สนับสนุนความ<br>พยายามของผู้อื่น | ถ้อยคำการ<br>ตอบสนองและหรือ<br>ภาษากายไม่ได้<br>แสดงความเคารพ<br>ผู้อื่นอยู่บ่อยๆ<br>นานๆครั้งจะรับฟัง<br>แบ่งปันและ<br>สนับสนุนความ<br>พยายามของผู้อื่น |
| 2. แสดงถึงความ<br>ยืดหยุ่นและเต็มใจ<br>ที่จะช่วยให้เกิดการ<br>ประนีประนอม<br>เพื่อให้บรรลุ<br>เป้าหมายร่วมกัน          | รับฟังความคิดเห็น<br>และแสดงถึงการ<br>ประนีประนอม<br>เพื่อให้กลุ่มค่านั้น<br>ได้เต็มศักยภาพ                                                                                                                           | เต็มใจที่จะ<br>ประนีประนอม<br>เพื่อให้กลุ่มบรรลุ<br>เป้าหมายร่วมกัน                                                                             | พยายามที่จะ<br>ประนีประนอม<br>เพื่อให้กลุ่มบรรลุ<br>เป้าหมายร่วมกัน<br>แต่ในบางครั้งก็<br>ขัดขวางทำให้กลุ่ม<br>ยากที่จะทำงานได้<br>เต็มตามศักยภาพ                                   | มักจะไมยอม<br>ประนีประนอม<br>เพื่อให้กลุ่มบรรลุ<br>เป้าหมายร่วมกัน<br>และมักจะขัดขวาง<br>ทำให้กลุ่มยากที่จะ<br>ทำงานได้เต็มตาม<br>ศักยภาพ                |
| 3. ให้การยอมรับ<br>ในการมีความ<br>รับผิดชอบในการ<br>ทำงานแบบร่วมมือ<br>และให้คุณค่ากับ<br>การอุทิศตนของ<br>สมาชิกในทีม | กระตุ้นให้สมาชิก<br>ทุกคนมีส่วนร่วม<br>อย่างเท่าเทียมกัน<br>โดยให้คุณค่า<br>ความคิดและการ<br>อุทิศตนของสมาชิก<br>ทุกคน                                                                                                | มีส่วนร่วมและอุทิศ<br>ตนให้กับการ<br>ทำงานกลุ่มอย่าง<br>เท่าเทียมให้คุณค่า<br>กับความคิดและ<br>การอุทิศตนของ<br>สมาชิกในกลุ่มทุก<br>คน          | พยายามแบ่งปัน<br>ความรับผิดชอบ<br>งานกลุ่มแต่ใน<br>ท้ายที่สุดต้องทำ<br>เองเป็นส่วนใหญ่<br>โดยไม่มีการใช้<br>ความสามารถของ<br>สมาชิกกลุ่มให้เกิด<br>ประโยชน์                         | ทำงานกลุ่มเกือบ<br>ทั้งหมดหรือ<br>เล็กน้อยและไม่<br>เคารพความเห็น<br>ผู้อื่น                                                                             |

## แบบประเมินชิ้นงาน

กลุ่มที่.....

| ความแปลกใหม่                       |  |  |  |  |  |  |  |             |
|------------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|-------------|
| เคยมีแล้ว                          |  |  |  |  |  |  |  | ใหม่        |
| เฉยๆ                               |  |  |  |  |  |  |  | น่าสนใจ     |
| ไม่มีเอกลักษณ์                     |  |  |  |  |  |  |  | มีเอกลักษณ์ |
| เป้าหมายของการสร้างชิ้นงาน         |  |  |  |  |  |  |  |             |
| ไม่มีประโยชน์                      |  |  |  |  |  |  |  | มีประโยชน์  |
| ไม่เหมาะสม                         |  |  |  |  |  |  |  | เหมาะสม     |
| ไม่จำเป็น                          |  |  |  |  |  |  |  | จำเป็น      |
| ความประณีต และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน |  |  |  |  |  |  |  |             |
| ไม่น่าใช้งาน                       |  |  |  |  |  |  |  | น่าใช้งาน   |
| งานไม่ประณีต                       |  |  |  |  |  |  |  | งานประณีต   |
| ใช้งานยาก                          |  |  |  |  |  |  |  | ใช้งานง่าย  |

### วิธีการประเมิน

ในตารางประเมินชิ้นงานประกอบไปด้วย 7 ช่องระหว่างคำที่มีความหมายตรงข้ามกัน ให้ทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ผู้ประเมินคิดว่าเหมาะสมกับชิ้นงานที่ประเมิน เช่น ถ้าผู้ประเมินรู้สึกว่าการประเมินมีความแปลกใหม่มากกว่า ผู้ประเมินอาจจะทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ 5

|           |  |  |  |  |   |  |  |          |
|-----------|--|--|--|--|---|--|--|----------|
| เคยมีแล้ว |  |  |  |  | ✓ |  |  | แปลกใหม่ |
|-----------|--|--|--|--|---|--|--|----------|

แต่ถ้ารู้สึกว่าการประเมินนั้นแปลกใหม่มากๆ ไม่เคยเห็นมาก่อน สามารถทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ 7 ได้

|           |  |  |  |  |  |  |   |          |
|-----------|--|--|--|--|--|--|---|----------|
| เคยมีแล้ว |  |  |  |  |  |  | ✓ | แปลกใหม่ |
|-----------|--|--|--|--|--|--|---|----------|

หมายเหตุ : การประเมินนี้ไม่มีถูก ไม่มีผิด ขอให้ประเมินจากความรู้สึกของตัวผู้ประเมินอย่างตรงไปตรงมา

### แบบทดสอบ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา

คำชี้แจงจงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ แล้วใส่เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคำตอบถูก และ เครื่องหมาย

✓ ลงในช่องคำตอบผิด และให้เขียนแก้ไขหรืออธิบายเพิ่มเติมเพื่อสนับสนุนคำตอบที่เลือกทุกข้อ

| ข้อ | ข้อความ                                                                                                        | คำตอบ |     | อธิบายเพิ่มเติม |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-----|-----------------|
|     |                                                                                                                | ถูก   | ผิด |                 |
| 1   | เมื่อโมเลกุลของสารตั้งต้นชนกันถูกต้องทิศทาง<br>จะเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น                                         |       |     |                 |
| 2   | ปฏิกิริยาที่มีพลังงานก่อกัมมันต์ต่ำจะมีอัตราการ<br>เกิดปฏิกิริยาสูงกว่าปฏิกิริยาที่มีพลังงานก่อกัม<br>มันต์สูง |       |     |                 |
| 3   | เมื่อเพิ่มอุณหภูมิพลังงานก่อกัมมันต์จะลดต่ำลง<br>ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น                                       |       |     |                 |
| 4   | ตามทฤษฎีการชนกันของโมเลกุล และทฤษฎี<br>จลน์ของแก๊สปฏิกิริยาขั้นตอนย่อยขั้นแรก เป็น<br>ขั้นกำหนดปฏิกิริยา       |       |     |                 |
| 5   | โมเลกุลมีพลังงานในการชนและชนกันมากขึ้น<br>เมื่อใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้ไวขึ้น                 |       |     |                 |
| 6   | การเพิ่มพื้นที่ผิวส่งผลให้โอกาสของการชนกัน<br>ระหว่างโมเลกุลเพิ่มขึ้น                                          |       |     |                 |

## ประวัติผู้เขียน

|                   |                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล         | นรพนธ์ คนสูง                                                                                                                                                                                              |
| วัน เดือน ปี เกิด | 3 ตุลาคม 2537                                                                                                                                                                                             |
| สถานที่เกิด       | จังหวัดน่าน                                                                                                                                                                                               |
| วุฒิการศึกษา      | วิทยาศาสตร์บัณฑิต เคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่                                                                                                                                                               |
| ที่อยู่ปัจจุบัน   | 611 หมู่ 11 ต.ไชยสถาน อ.เมือง จ.น่าน 55000                                                                                                                                                                |
| ผลงานตีพิมพ์      | การพัฒนาแนวคิดเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาด้วยกิจกรรม<br>สะเต็มศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ณ งานประชุมวิชาการเสนอ<br>ผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 20 มหาวิทยาลัยขอนแก่น |

