

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้  
ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

มกราคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด  
สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



อวัศยา สันคม

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

มกราคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยพะเยา

THE DEVELOPMENT OF CREATIVITY AND INNOVATION AND ATTITUDE TOWARDS  
LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEAM EDUCATION OF HIGH SCHOOL STUDENTS



An Independent Study Submitted in Partial Fulfillment  
of the Requirements for the Master of Education Degree  
in Curriculum and Instruction

January 2024

Copyright 2024 by University of Phayao

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรื่อง

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด  
สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ อวิศยา สันคม

ได้รับพิจารณาอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน

ของมหาวิทยาลัยพะเยา

..... ประธานกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จักรกฤษณ์ จันทะคุณ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา กองสอน)

..... อาจารย์บัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยพะเยา  
(ดร. วสันต์ สรรพสุข)

..... คณบดีวิทยาลัยการศึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร. รัชิต สุทธิพงษ์)

- เรื่อง:** การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด  
สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
- ผู้ศึกษาค้นคว้า:** อวิศยา สันคม, การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง: กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน), มหาวิทยาลัย  
พะเยา, 2566
- อาจารย์ที่ปรึกษา:** ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิพา กองสอน
- คำสำคัญ:** ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม, สะเต็มศึกษา, เจตคติ

### บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 และ 2) เพื่อศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ใช้คำว่ากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืองแพร่ อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 15 คน ที่ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง 2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และ 3) แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิตินอนพารามेटริก (Nonparametric Statistics) ใช้วิธีทดสอบแบบ One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test ผลการวิจัยพบว่า 1) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 2) เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

**Title:** THE DEVELOPMENT OF CREATIVITY AND INNOVATION AND ATTITUDE TOWARDS LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEAM EDUCATION OF HIGH SCHOOL STUDENTS

**Author:** Awatsaya Sankhom, Independent Study: M.Ed. (Curriculum and Instruction), University of Phayao, 2023

**Advisor:** Assistant Professor Dr. Rungtiwa Kongson

**Keywords:** Creativity and Innovation, STEAM Education, Attitude

#### ABSTRACT

The purposes of this research were to 1) compare the creativity and innovation of high school students who learned by using learning management based on STEAM education with 75 percent criteria, and 2) study the attitude of high school students towards learning management based on STEAM education. The sample group in this research was 15 students in grade 11<sup>th</sup> at Mueang Phrae School in the second semester of 2022 academic year which were obtained by purposive sampling. The instruments for collecting data were: 1) four learning management plans according to the STEAM Education approach in the topic of acid base, 2) creativity and innovation test of high school students and 3) attitude toward learning management based on STEAM Education of high school students. The collected data were analyzed by mean, standard deviation and nonparametric statistics by using one-sample Wilcoxon signed rank test. The research results were found as follows: 1) the creativity and innovation of high school students who learned by using STEAM education approach was significantly higher than the 75 percent criterion at the 0.05 level of statistical significance and 2) the attitude towards learning management based on STEAM Education of high school students by using was positive at high level.

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และ เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดีเป็นเพราะความกรุณาของท่านอาจารย์ที่ปรึกษาผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวกองสอน ที่ได้กรุณาชี้แนะ ตรวจสอบ รวมทั้งช่วยแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ และให้แนวทางในการพัฒนางานวิจัยด้วยความเมตตาและเอาใจใส่เป็นอย่างดี อีกทั้งขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์ จันทะคุณ ประธานกรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง และดร.ลันด์ สรรพสุข กรรมการสอบการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ที่ได้กรุณาช่วยให้คำแนะนำ ประสพการณ์ใหม่ ๆ และจุดบกพร่องของงานวิจัยครั้งนี้เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณนางศรีภา สายซอ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเมืองแพร่ นางกุลยาภรณ์ กาญจนะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสูงเม่นชนูปถัมภ์ และนางนิรมัย รักวิชา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนาริรัตน์จังหวัดแพร่ ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ รวมทั้งให้คำแนะนำในการปรับปรุงเครื่องมือวิจัยที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบพระคุณคณะครูและผู้บริหารโรงเรียนเมืองแพร่ อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ที่ให้ความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการจัดเก็บข้อมูล

กราบขอบพระคุณนายองอาจ สันคม และนางนิชาภานต์ ใจเฉลียว และครอบครัวที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือและเป็นที่กำลังใจ ตลอดจนส่งเสริมให้ผู้วิจัยได้ศึกษาต่อในระดับมหาบัณฑิตจนประสบความสำเร็จในการศึกษา ขอกราบบูชาเป็นเครื่องสักการะแด่สิ่งศักดิ์สิทธิ์ที่นับถือ คือ บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาจนผู้วิจัยประสบความสำเร็จถึงจุดนี้ได้

อวัศยา สันคม

## สารบัญ

|                                                                                                                                     | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย .....                                                                                                               | ง    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....                                                                                                            | จ    |
| กิตติกรรมประกาศ.....                                                                                                                | ฉ    |
| สารบัญ.....                                                                                                                         | ช    |
| สารบัญตาราง .....                                                                                                                   | ฅ    |
| สารบัญภาพ .....                                                                                                                     | ฉ    |
| บทที่ 1.....                                                                                                                        | 1    |
| ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....                                                                                                 | 1    |
| วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....                                                                                                       | 7    |
| สมมติฐานของการวิจัย.....                                                                                                            | 7    |
| ขอบเขตของการวิจัย .....                                                                                                             | 8    |
| นิยามศัพท์เฉพาะ.....                                                                                                                | 8    |
| ประโยชน์ที่รับจากการวิจัย.....                                                                                                      | 12   |
| บทที่ 2.....                                                                                                                        | 13   |
| หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ..... | 15   |
| ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน .....                                                                  | 21   |
| สะเต็มศึกษา.....                                                                                                                    | 29   |
| ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม .....                                                                                                  | 42   |
| เจตคติ .....                                                                                                                        | 63   |
| งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....                                                                                                         | 71   |

|                                                      |     |
|------------------------------------------------------|-----|
| กรอบแนวคิดงานวิจัย.....                              | 74  |
| บทที่ 3.....                                         | 76  |
| ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....                        | 76  |
| เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....                      | 76  |
| การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....             | 77  |
| แบบแผนการวิจัย.....                                  | 95  |
| การเก็บรวบรวมข้อมูล .....                            | 95  |
| การวิเคราะห์ข้อมูล .....                             | 96  |
| บทที่ 4.....                                         | 97  |
| สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ..... | 97  |
| ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....                            | 97  |
| บทที่ 5.....                                         | 102 |
| สรุปผลการวิจัย.....                                  | 102 |
| อภิปรายผลการวิจัย.....                               | 103 |
| ข้อเสนอแนะ.....                                      | 119 |
| บรรณานุกรม .....                                     | 121 |
| ประวัติผู้วิจัย.....                                 | 287 |

## สารบัญตาราง

หน้า

|                                                                                                                                                                                             |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตาราง 1 แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม.....                                                                                                                                   | 18  |
| ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบแนวคิดของ Partnership for 21st Century Learning (2009) .....                                                                      | 55  |
| ตาราง 3 แสดงโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเรื่องกรด-เบส .....                                                                                    | 80  |
| ตาราง 4 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ดัดแปลงจากเกณฑ์การประเมินของ Partnership for 21st Century Learning (2009).....             | 87  |
| ตาราง 5 แสดงแบบแผนการวิจัย .....                                                                                                                                                            | 95  |
| ตาราง 6 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 .....                                 | 97  |
| ตาราง 7 คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ .....                             | 98  |
| ตาราง 8 ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ.....                                                                                                                    | 99  |
| ตาราง 9 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส.....                | 252 |
| ตาราง 10 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 เรื่อง คู่กรด-เบส .....                | 255 |
| ตาราง 11 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 เรื่อง การแตกตัวของกรด เบส และน้ำ..... | 258 |

|                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ตาราง 12 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา<br>เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง pH ของ<br>สารละลายกรด-เบส..... | 261 |
| ตาราง 13 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด .....                                                                                                                   | 263 |
| ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการ<br>เรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม .....                                            | 264 |
| ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และ<br>นวัตกรรม.....                                                                                           | 265 |
| ตาราง 16 ผลตรวจสอบความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับด้านองค์ประกอบเจตคติ<br>ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา .....                                                   | 267 |
| ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตาม<br>แนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....                                                      | 269 |
| ตาราง 18 คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของ<br>นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย .....                                                                             | 272 |
| ตาราง 19 คะแนนเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้น<br>มัธยมศึกษาตอนปลาย .....                                                                                         | 274 |

## สารบัญภาพ

### หน้า

|                                                                                        |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| ภาพ 1 กรอบแนวคิดพิรามิดสะเต็มศึกษา.....                                                | 33  |
| ภาพ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในศตวรรษที่ 21.....                            | 35  |
| ภาพ 3 กรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา.....                                 | 35  |
| ภาพ 4 กรอบแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21.....                                         | 43  |
| ภาพ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย .....                                                         | 75  |
| ภาพ 6 การทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสของสิ่งของในชีวิตประจำวันของนักเรียน .....         | 276 |
| ภาพ 7 การนำเสนอสื่อเผยแพร่ความรู้จากการทดลองของนักเรียน .....                          | 277 |
| ภาพ 8 ตัวอย่างสื่อเผยแพร่ความรู้กรด - เบสของนักเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว.....          | 277 |
| ภาพ 9 บรรยายภาคการแสดงความคิดเห็นและออกแบบสื่อเกมออนไลน์ของนักเรียน.....               | 278 |
| ภาพ 10 การนำเสนอสื่อเกมออนไลน์และการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนของ นักเรียนกลุ่มอื่น.....    | 278 |
| ภาพ 11 ตัวอย่างการออกแบบสื่อเกมออนไลน์ของนักเรียน.....                                 | 279 |
| ภาพ 12 ตัวอย่างสื่อเกมออนไลน์ที่นักเรียนออกแบบ.....                                    | 280 |
| ภาพ 13 การร่วมกันออกแบบการทดลอง และขอคำปรึกษาจากครูผู้สอน .....                        | 281 |
| ภาพ 14 ผลการออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียน.....                                          | 281 |
| ภาพ 15 การทดลองพิสูจน์การแตกตัวของกรด-เบสของนักเรียน .....                             | 282 |
| ภาพ 16 ผลการทดลองพิสูจน์การแตกตัวของกรด-เบสของนักเรียน .....                           | 282 |
| ภาพ 17 ผลการพิสูจน์การแตกตัวของกรด-เบสผ่านการคำนวณของนักเรียน.....                     | 283 |
| ภาพ 18 การนำเสนอผลการทดลองพิสูจน์การแตกตัวของกรด-เบส จากสื่อนำเสนอของ<br>นักเรียน..... | 284 |
| ภาพ 19 การทำกิจกรรมในชั้นเรียนและการใช้คำถามกระตุ้นแก่นักเรียน .....                   | 285 |
| ภาพ 20 ผลการออกแบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดของนักเรียน .....                     | 285 |

|                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------|-----|
| ภาพ 21 การนำเสนอสื่อโฆษณาประสิทธิภาพยาลดกรดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม..... | 286 |
| ภาพ 22 สื่อโฆษณาประสิทธิภาพยาลดกรดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม .....         | 286 |



## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โลกและสังคมในยุคปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความเจริญก้าวหน้ามากขึ้น ประชากรบนโลกเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศได้อย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ชีวิตประจำวันของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไป (Aguilera and Ortiz–Revilla, 2021) การทำงานบางอย่างของมนุษย์เริ่มมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ทดแทนมากขึ้น การว่าจ้างงานในระบบเศรษฐกิจใหม่จึงต้องการแรงงานที่มีทักษะที่ซับซ้อนโดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะในศตวรรษที่ 21 อย่างทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) (Bellanca, 2010) ซึ่งเป็นทักษะที่มีความสำคัญและเป็นที่ต้องการอย่างมากในการดำเนินชีวิตและการทำงาน (Trilling and Fadel, 2009) ถือได้ว่าเป็นทักษะที่เป็นหัวใจสำหรับการดำรงชีวิตให้อยู่รอดในโลกยุคที่มีการแข่งขันสูง เป็นกุญแจสำคัญในการปลดล็อกการเรียนรู้ตลอดชีวิตและการทำงานอย่างสร้างสรรค์ (วิจารณ์ พานิช, 2558) องค์การความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills) หรือ P21 ได้แบ่งองค์ประกอบของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมไว้ 3 ทักษะย่อย ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน (Communication and Collaboration) และการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) โดยการเปลี่ยนผ่านจากยุคความรู้เข้าสู่ยุคนวัตกรรมทำให้หลายประเทศให้ความสนใจกับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เนื่องจากเป็นความสามารถทางความคิดในการพัฒนาความสามารถด้านอื่น ๆ ซึ่งใช้จินตนาการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เปรียบเสมือนจุดเริ่มต้นของความก้าวหน้าและการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือวิทยาการใหม่ ๆ (Renzulli and De Wet, 2010) หากประเทศมีบุคลากรที่มีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจะส่งผลให้ประเทศนั้นมีการคิดค้น ปรับปรุงสิ่งต่าง ๆ จนก่อให้เกิดเป็นนวัตกรรมที่มีความแปลกใหม่และเป็นประโยชน์ต่อสังคม ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ประเทศนั้นมีโอกาสในการพัฒนาและเจริญก้าวหน้ามากยิ่งขึ้น ผู้เรียนจึงต้องมีการพัฒนาความสามารถนี้ผ่านการฝึกฝนเพื่อให้มีภูมิคุ้มกันในโลกของการทำงานและสามารถเป็นกำลังในการพัฒนาประเทศชาติให้เดินต่อไปได้ (สุธิดา การ์มี, 2560)

การขับเคลื่อนประเทศให้เดินหน้าต่อไปได้ต้องเร่งพัฒนาศักยภาพและปรับตัวให้ทันต่อสถานการณ์ที่เกิดขึ้น ซึ่งต้องมียุทธศาสตร์ที่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงและความต้องการของโลก เพื่อเพิ่มศักยภาพและขีดความสามารถในการแข่งขันกับนานาประเทศ การศึกษาจึงถือได้ว่าเป็นเครื่องมือหลักสำคัญที่ใช้ในการเตรียมความพร้อมในการยกระดับคุณภาพบุคคลากรภายในประเทศ ดังนั้น เพื่อให้ผู้เรียนมีภูมิคุ้มกันต่อการดำเนินชีวิตและการทำงานในโลกยุคนวัตกรรม ประเทศไทยจึงมุ่งเน้นที่จะยกระดับและปฏิรูปการศึกษาโดยได้จัดทำหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่สนับสนุนให้ท้องถิ่นและสถานศึกษาใช้เป็นกรอบทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา ได้ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญและส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสื่อสาร การคิดสร้างสรรค์ การแก้ปัญหา การใช้ทักษะชีวิต และการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) นอกจากนี้รัฐบาลยังได้มียุทธศาสตร์เพื่อให้ผู้เรียนเป็นคนไทย 4.0 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 มุ่งเน้นให้มีหลักสูตรและการเรียนการสอนที่เน้นความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้คิดนอกกรอบ และเน้นการปฏิบัติจริง เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของสังคม (กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา, 2559) มากไปกว่านั้นรัฐบาลได้กำหนดมาตรฐานการศึกษาของชาติ พุทธศักราช 2561 เพื่อให้สถานศึกษาทุกแห่งยึดเป็นกรอบในการกำหนดมาตรฐานการศึกษา และใช้เป็นข้อกำหนดเกี่ยวกับคุณลักษณะที่พึงประสงค์ของคนไทย โดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณลักษณะผู้ร่วมสร้างสรรค์นวัตกรรม ที่เน้นการใช้ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพื่อนำไปสู่การพัฒนา นวัตกรรมทางเทคโนโลยี ซึ่งจากนโยบายทางการศึกษาของภาครัฐที่กล่าวมาข้างต้น เห็นได้ชัดเจนว่าทักษะและคุณลักษณะทางความคิดที่สำคัญของผู้เรียนที่ประเทศไทยคาดหวังให้ ผู้เรียนมีนั้นล้วนสอดคล้องกับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งสิ้น (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2560)

รัฐบาลมีนโยบายทางด้านการศึกษาที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ออกมามากมาย แต่ปัญหาการขาดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของประเทศไทยได้สะท้อนมาจากผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศทั่วโลกในปี 2022 โดย IMD (International Institute for Management Development) ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถในการแข่งขันของภาคธุรกิจทั้งในประเทศและระหว่างประเทศที่บ่งบอกถึงความมั่งคั่งในระยะยาว และบ่งชี้ถึงความคิดสร้างสรรค์ในการพัฒนานวัตกรรมเพื่อความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี และคุณภาพในการจัดการศึกษาในประเทศนั้นได้ พบว่า ประเทศไทยอยู่อันดับที่ 33 จาก

ทั้งหมด 63 ประเทศ และมีผลการประเมินด้านการศึกษาอยู่ในอันดับที่ 53 (สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.), 2565) ถือได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องเร่งแก้ไขและพัฒนาผู้เรียนในประเทศให้มีความรู้ความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานและนำไปสู่การยกระดับคุณภาพของประเทศไทยให้ทัดเทียมกับประเทศอื่น ๆ อีกทั้งจากผลการประเมินคุณภาพการศึกษาของประเทศไทยในการเตรียมความพร้อมให้ผู้เรียนมีความสามารถพื้นฐานที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในโลกที่มีการเปลี่ยนแปลง อย่าง Programme for International Student Assessment (PISA) ซึ่งจัดการประเมินโดยองค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development หรือ OECD) โดยมุ่งเน้นประเมินสมรรถนะของผู้เรียนเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในชีวิตประจำวัน มากกว่าการเรียนรู้ตามหลักสูตรในโรงเรียน ผลการประเมินของผู้เรียนปี 2018 พบว่าคะแนนทางด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยเฉลี่ยอยู่ที่ 426 คะแนน ซึ่งต่ำกว่าคะแนนเฉลี่ยของ OECD จัดเป็นอันดับที่ 54 จากทั้งหมด 79 ประเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2561) แสดงว่าผู้เรียนยังขาดสมรรถนะในการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง ไม่สามารถสร้างสรรค์ความคิดหลากหลายแง่มุมเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาได้ สะท้อนถึงการขาดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม นอกจากนี้จากรายงานของ World Economic Forum (2020) ระบุว่า 2 ใน 10 ทักษะจำเป็นที่โลกอนาคต 2025 ต้องการ คือ ทักษะการคิดวิเคราะห์และทักษะด้านนวัตกรรม (Analytical thinking and innovation) และทักษะความคิดสร้างสรรค์และการริเริ่มสิ่งใหม่ (Creativity, originality and initiative) รวมถึงแผนการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2560 – 2579 ที่กำหนดยุทธศาสตร์และเป้าหมายของการศึกษาโดยมีเป้าหมายให้ผู้เรียนมีทักษะและคุณลักษณะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะอย่างยิ่งทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) แสดงให้เห็นถึงความสำคัญและความต้องการทรัพยากรมนุษย์ที่มีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมทั้งในระดับโลกและประเทศไทย

การขาดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนอาจเกิดมาจากการเรียนการสอนภายในโรงเรียนที่ครูส่วนใหญ่ยังติดอยู่ในกรอบความคิดของการสอนแบบเดิม มีการออกแบบกิจกรรมและจัดการเรียนการสอนที่ตรงกับตัวชีวิตของแต่ละรายวิชาตามกรอบที่ครูอยากให้ผู้เรียนรู้นั้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) เป็นการจำกัดกรอบความคิดที่อิสระของผู้เรียน สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาทางโครงสร้างของระบบการศึกษาในประเทศไทย ซึ่งไม่เพียงพอและไม่สามารถสร้างความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมให้กับผู้เรียนได้

(คณะกรรมการเครือข่ายพลังเยาวชนเพื่อการปฏิรูป, 2554) ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบในการเรียนการสอนวิชาเคมีคือตัวผู้สอนเองที่ยึดตนเองเป็นศูนย์กลางของห้องเรียน ใช้วิธีการสอนแบบบรรยาย (Lecture Method) ที่เน้นการท่องจำเป็นหลัก ส่งผลให้ผู้เรียนไม่เกิดกระบวนการคิด การแสวงหาความรู้ การเรียนรู้ด้วยตนเอง และไม่สามารถแสดงออกทางความคิดในเชิงสร้างสรรค์ได้ ทำให้ผู้เรียนเป็นฝ่ายรับข้อมูลเพียงอย่างเดียว (ภัสสร ติตมา, มลิวรรณ นาคขุนทด และสิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) ผู้เรียนไม่ได้เกิดการฝึกฝนทักษะคิดสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหา รวมทั้งไม่เกิดกระบวนการในการแสวงหาคำตอบหรือมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันเอง ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ในยุคนี้จึงควรถูกปรับรูปแบบการสอนให้น้อยลงและเรียนรู้ด้วยตนเองมากขึ้น การจัดการเรียนรู้แบบเก่าหรือ Passive Learning แม้จะเป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่ถูกใช้กันมาจนเป็นแบบมาตรฐาน แต่ก็ก็เป็นเพียงการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับยุคสมัยหนึ่งเท่านั้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนขาดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่จัดเป็นความสามารถทางความคิดขั้นสูงที่นำไปสู่วิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ช่วยให้มีคามยืดหยุ่นในกระบวนการคิด สามารถปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ให้ดีขึ้นและสร้างองค์ความรู้ใหม่อย่างไม่มีที่สิ้นสุด เป็นทิศทางเดียวกับ ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ (2556) ที่กล่าวว่า การส่งเสริมความสามารถทางการคิดให้แก่ผู้เรียนเป็นสิ่งจำเป็นที่จะช่วยให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางความคิด มีสติปัญญาเฉียบแหลม สามารถแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตได้ดี ดังที่ สนธิ พลชัยยา (2557) กล่าวว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในประเทศไทยต้องมีเป้าหมายสำคัญเพื่อให้เกิดการคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงบทเรียนในห้องเรียนกับการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้จริง สอดคล้องกับ วิชัย วงษ์ใหญ่ มารุต พัฒนาผล (2563) ที่กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ในทุกช่วงวัยซึ่งเป็นพื้นฐานของการสร้างสรรค์นวัตกรรม ผู้เรียนต้องมีพื้นที่การเรียนรู้ของตนเอง นำพลังความคิดและพลังสร้างสรรค์ (Creative power) ที่มีอยู่ในตนเองออกมาใช้ให้เกิดประโยชน์การที่จะพัฒนาให้ผู้เรียนให้เป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ในอนาคต ต้องมีการจัดการเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายตอบสนองธรรมชาติและความต้องการของผู้เรียน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับผู้เรียนในยุคปัจจุบันจึงควรเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงตั้งแต่การทำงานร่วมกันเป็นทีม เพื่อให้ผู้เรียนเปิดใจยอมรับกับสิ่งใหม่ ๆ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้เรียนแบบ Active learner มีความพยายามในการแสวงหาความรู้ รวมทั้งมีความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาวิชา ต้องลงมือปฏิบัติมากกว่าการฟังเพียงอย่างเดียว สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้แก้ปัญหาและนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมได้ (การจัดสะเต็มศึกษาในโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (องค์การมหาชน), 2559)

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่มีประสิทธิภาพคือการให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติและใช้ความสามารถนี้ให้มากที่สุด จึงต้องมีการจัดการเรียนรู้เชิงรุกที่บูรณาการข้ามสาขาวิชา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงทางความรู้และสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับเรื่องใกล้ตัวในชีวิตประจำวัน และมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลาย (วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒนาผล, 2562) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้นำวิธีการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยปัจจุบันหลายโรงเรียนมีการนำวิธีการเรียนการสอนอย่างสะเต็มศึกษา ที่เชื่อมโยงศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ที่เน้นการส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีการแก้ปัญหาตามสภาพจริง และสามารถสร้างนวัตกรรมผ่านหลักการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้ (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) โดยเฉพาะวิชาที่มีเนื้อหาที่มีความซับซ้อนและเป็นนามธรรมอย่างวิชาเคมีที่ศึกษาเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสสารในระดับอะตอม ซึ่งถือว่าเป็นสิ่งที่ผู้เรียนไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ต้องใช้ความคิดเพื่อจินตนาการเพียงเท่านั้น ซึ่งเป็นเรื่องที่ห่างไกลจากชีวิตประจำวันของผู้เรียนเป็นอย่างมาก การเรียนการสอนแบบบูรณาการข้ามสาขาวิชาจะช่วยให้ผู้เรียนประยุกต์ใช้และสามารถเชื่อมโยงเนื้อหาทางเคมีกับชีวิตประจำวันได้ แม้ว่าสะเต็มศึกษาจะมีข้อดีและประสบความสำเร็จในหลายประเทศ แต่แนวโน้มความสนใจและเลือกศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาสายวิทยาศาสตร์กลับสวนทางและน้อยลงมาก Conradty, Sotiriou and Bogner (2020) กล่าวว่าจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความเครียดและเกิดความกดดันในการทำกิจกรรม นำไปสู่การเกิดทัศนคติเชิงลบกับการเรียนวิทยาศาสตร์ จึงได้มีการบูรณาการในการจัดการเรียนรู้โดยเอาวิชาศิลปะเข้าไปใช้ในสะเต็มศึกษา ส่งผลให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจและเกิดเจตคติที่ดีในการเรียนวิทยาศาสตร์ อีกทั้งยังช่วยพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้อีกด้วย ดังที่ Aguilera and Ortiz-Revilla (2021) ได้ระบุว่า แม้สะเต็มศึกษาจะสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ แต่การบูรณาการศิลปะเข้าไปในสะเต็มศึกษาจะสามารถช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ดีมากขึ้น เนื่องจากศิลปะจะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดวิธีการแก้ปัญหาแบบศิลปิน มีวิธีการแก้ไขปัญหามากหลายทิศทาง เป็นการส่งเสริมการแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์ อีกทั้งผู้เรียนสามารถใช้ศิลปะมาถ่ายทอดความคิดของตนเองให้ออกมาเป็นรูปธรรม สามารถสื่อสารความคิดของตนเองออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ก่อให้เกิดการสร้างผลงานและนวัตกรรมที่มีความคิดสร้างสรรค์และแปลกใหม่

การกล่าวถึงข้อจำกัดของสะเต็มศึกษาข้างต้น Yakman (2008) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEAM Education) โดยเพิ่มรายวิชาศิลปะ (Arts) เข้าไปพัฒนาสะเต็มศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้และสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ ใช้ศิลปะเป็นตัวเชื่อมโยงศาสตร์ทางวิชาการเข้าด้วยกัน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ข้ามศาสตร์สาขาวิชา เกิดความเข้าใจในเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ ยิ่งกว่านั้น Arts หรือศิลปะที่เพิ่มเข้ามายังเป็นเสมือนหัวใจของความคิดสร้างสรรค์ที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการสร้างนวัตกรรม (Marmon, 2019) และเป็นตัวช่วยส่งเสริมการรับรู้ ความสนใจ สร้างแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนต้องการประกอบอาชีพสายวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Yakman and Lee, 2012) อีกทั้งสะเต็มศึกษาเป็นการสอนที่กระตุ้นให้ผู้เรียนคิดหาคำตอบและแก้ปัญหาได้หลายทิศทาง ส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ (Land, 2013 อ้างใน ศิริลักษณ์ อิศณพงษ์, ภัทรกร ชัยประเสริฐ และสมศิริ สังห์ลพ, 2563) ด้านวิสูตร โพธิ์เงิน (2560) กล่าวถึง STEAM Education ว่าเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ใช้ศิลปะเป็นสื่อกลางในการให้ผู้เรียนถ่ายทอดจินตนาการความคิดออกมาในรูปแบบงานศิลปะสะท้อนชิ้นงานให้ออกมาเป็นรูปธรรม นอกจากนี้วิธีคิดของศิลปินและนักวิจัยมีความแตกต่างกันทั้งในด้านเป้าหมาย วิธีการ และผลลัพธ์ การเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์และศิลปะต่างมีเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาและส่งเสริมการเรียนรู้ของสองวิชานี้ร่วมกันได้ ซึ่งช่วยให้ผู้เรียนเกิดความยืดหยุ่นในกระบวนการคิดและสามารถต่อยอดความคิดนั้นไปจนให้เกิดการสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ และนำไปสู่การแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้ (สุภัค โอฬาริยกุล, 2562)

โรงเรียนเมืองแพร่เป็นโรงเรียนขนาดเล็ก ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ตำบลป่าแดง อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ นักเรียนส่วนใหญ่เป็นคนในตำบลป่าแดง และบางส่วนมาจากตำบลใกล้เคียง ผู้ปกครองส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นหลักทำให้พื้นที่บริเวณนั้นมีความเสี่ยงกับปัญหาดินเปรี้ยวเนื่องจากการใช้สารเคมีที่มีความเป็นกรดมากเกินไป และบริเวณโรงเรียนมีแม่น้ำ คือ แม่น้ำแม่กอน ซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญต่อการทำการเกษตรของคนในพื้นที่และยังเป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติที่มีความสวยงามประจำตำบลช่อแฮ ซึ่งบริเวณที่แม่น้ำแม่กอนไหลผ่านจะมีบ้านเรือนของคนในชุมชนและร้านอาหารตั้งอยู่ ส่งผลให้มีการทิ้งน้ำเสียหรือเศษอาหารที่มีความเป็นกรด-เบสลงแม่น้ำและนำไปสู่การเกิดน้ำเน่าเสียได้ จากปัญหาที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนที่เป็นคนในชุมชนอาจต้องพบเจอในชีวิตประจำวันซึ่งล้วนมีความเกี่ยวข้องกับเรื่องกรด-เบสในรายวิชาเคมีทั้งสิ้น และจากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาความคิด

สร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเมืองแพร่ ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 รายวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ เรื่องคาร์โบไฮเดรต จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมร้อยละ 45 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และจากการบันทึกหลังสอนของผู้วิจัย โดยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนขณะทำกิจกรรมการสร้างชิ้นงานจากกระดาษที่ทำจากเศษใบไม้แห้งในโรงเรียน พบว่า นักเรียนขาดความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบชิ้นงาน ไม่สามารถเขียนอธิบายรายละเอียดของชิ้นงาน รวมทั้งขาดทักษะการสืบค้นข้อมูลซึ่งต้องได้รับคำแนะนำจากครูผู้สอนจึงจะสามารถสืบค้นและสร้างชิ้นงานออกมาได้ รวมทั้งชิ้นงานที่ผู้เรียนออกแบบและสร้างมีลักษณะที่คล้ายกันทุกกลุ่ม ซึ่งแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าผู้เรียนยังขาดความสามารถทางความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ด้วยความสำคัญข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งจัดเป็นความสามารถที่สำคัญและเป็นส่วนหนึ่งของทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิตและการทำงานในปัจจุบัน โดยประยุกต์ใช้กับเนื้อหาของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สารที่ 3 รายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้กับการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและสร้างนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ได้

### วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75
2. เพื่อศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

### สมมติฐานของการวิจัย

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75

## ขอบเขตของการวิจัย

### 1. ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม.4 – 6) จำนวน 44 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเมืองแพร่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแพร่

### 2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองแพร่ อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 15 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection)

### 3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เรื่องกรด – เบส เป็นไปตามสาระเคมี ข้อที่ 2 ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง 2560

### 4. ตัวแปรที่ศึกษา

4.1 ตัวแปรอิสระ (Independent Variables) คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

4.2 ตัวแปรตาม (Dependent Variables) ได้แก่

4.2.1 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

4.2.2 เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

### 5. ขอบเขตของระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการเก็บข้อมูลในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 ใช้เวลาสอนทั้งหมด 3 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เป็นระยะเวลา 5 สัปดาห์ รวม 15 ชั่วโมง ตามแผนการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 4 แผนการเรียนรู้

## นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEAM Education) หมายถึง แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเชื่อมโยง 5 ศาสตร์สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยใช้หาเนื้อหาวิชา

วิทยาศาสตร์เป็นหลัก ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรม ที่คาดหวังให้ผู้เรียนสามารถประยุกต์ความรู้ใน 5 สาขาวิชาในการแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกรด-เบส โดยผู้วิจัยได้บูรณาการรายวิชา ดังนี้

- 1.1 S = วิทยาศาสตร์ (Science) คือ เนื้อหาในรายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส คู่กรด-เบส การแตกตัวของกรดเบสและน้ำ และ pH ของสารละลายกรดเบส
- 1.2 T = เทคโนโลยี (Technology) คือ การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล และสร้างชิ้นงานระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส เช่น การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์เคมีในการทดลองพิสูจน์กรด-เบสในชีวิตประจำวัน การทดสอบความรุนแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน การทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรด ข้อควรปฏิบัติเมื่อได้รับบาดเจ็บจากสารเคมี รวมทั้งรูปแบบสื่อเกมออนไลน์ต่าง ๆ เพื่อสร้างเกมคู่กรด-เบส และส่วนประกอบของสารในกระเพาะอาหาร เพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ อีกทั้งใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เวิร์ด (Microsoft Word) เพาเวอร์พอยต์ (PowerPoint) ใช้แคนวา (Canva) เพื่อออกแบบและอำนวยความสะดวกในการนำเสนอผลงาน และใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel) เพื่อช่วยในการคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการทดลอง เช่น การพิสูจน์กรด-เบสในชีวิตประจำวัน การทดสอบความรุนแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลายกรด-เบสเพื่อออกแบบการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดและจำลองสภาวะในกระเพาะอาหารของมนุษย์
- 1.3 E = วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ การวางแผนและลำดับขั้นตอนการทำงาน ออกแบบผลงานและสร้างผลงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับกรด-เบส เช่น การออกแบบการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสของสิ่งของในชีวิตประจำวัน การออกแบบเพื่อสร้างสื่อเกมออนไลน์คู่กรด-เบส การออกแบบการทดลองพิสูจน์ความรุนแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน การออกแบบเพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์และทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดแต่ละชนิด
- 1.4 A = ศิลปะ (Art) คือ การออกแบบการผลงานที่มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถใช้เพื่อสร้างผลงานได้จริงและเป็นประโยชน์ รวมทั้งการสื่อสาร การทำงานร่วมกัน

เพื่อสร้างความเข้าใจระหว่างผู้เรียนด้วยกันเองและครูผู้สอน การนำเสนอเพื่ออธิบายความคิดของตนเองออกมาเป็นรูปธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ซึ่งในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรมการออกแบบการทดลอง นักเรียนจะต้องเขียนอธิบายขั้นตอนการทำงาน และการออกแบบต่าง ๆ อย่างละเอียด รวมทั้งออกแบบและสร้างสื่อนำเสนอผลการทดลอง สื่อเผยแพร่ความรู้ สื่อโฆษณา เพื่อนำเสนอและแลกเปลี่ยนประเด็นความคิดเห็นที่นักเรียนค้นพบ เช่น วิธีการการพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสในชีวิตประจำวันของนักเรียน การระบุข่าวสารใดในชีวิตประจำวันที่เป็นกรด-เบส การระบุกรด-เบสที่ถูกต้อง ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และการคำนวณค่า pH เพื่อเตรียมสารละลายในจำลองสภาวะอาหารของมนุษย์ ให้แก่ครูและสมาชิกในชั้นเรียน

1.5 M = คณิตศาสตร์ (Mathematic) คือ การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่องกรด-เบสในการคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการทดลอง การคำนวณการแตกตัวของกรด เบสและน้ำ การแปลงค่า pH เป็นความเข้มข้น

โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 6 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Riley (2016) ดังนี้

- 1) ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus) เป็นขั้นที่ให้นักเรียนทำความเข้าใจ และระบุปัญหา ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหารายวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส
- 2) ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail) เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา เพื่อหาสาเหตุ และแนวทางการแก้ไขปัญหานั้น
- 3) ขั้นการค้นพบ (Discovery) เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูล เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหานี้
- 4) ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) เป็นขั้นที่นักเรียนร่วมกันนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาประยุกต์ใช้และสร้างสรรค์ออกแบบผลงาน และสร้างผลงาน
- 5) ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานที่สร้างขึ้นหน้าชั้นเรียนผ่านสื่อนำเสนอที่นักเรียนได้ออกแบบ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนและครู และถ่ายทอดความคิดของตนเองให้ออกมาเป็นรูปธรรม
- 6) ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link) เป็นขั้นที่นักเรียนและครูร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงาน และร่วมกันให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขปรับปรุงผลงาน

2. **ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)** หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการคิดวิเคราะห์ คิดหลากหลาย กว้างไกล แตกต่างไปจาก

เดิม หรือดัดแปลงและปรับปรุงจากของเดิมที่มีอยู่ โดยเป็นความคิดที่ได้มาจากการใช้เทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย ผ่านการสื่อสาร การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นความคิดที่ผ่านการวิเคราะห์และประเมินค่าก่อให้เกิดการสร้างปรับปรุง และพัฒนาเพื่อออกแบบผลงานที่นำไปสู่การสร้างผลงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง กรด-เบส ประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ 3 พฤติกรรมตามแนวคิดของ Partnership for 21st Century Learning (2009) ดังนี้

ประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ดังต่อไปนี้

- 2.1 การคิดสร้างสรรค์ (Think creativity) หมายถึง ผู้เรียนคิดหาแนวทางหรือวิธีการปฏิบัติแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยใช้เทคนิคที่หลากหลาย เช่น การระดมความคิด การแลกเปลี่ยนความคิดเห็น หรือการปรับปรุงจากแนวคิดเดิมที่มีอยู่ นำไปสู่สร้างแนวความคิดที่แปลกใหม่ มีการประเมินความคิดของตนเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลงานให้มีคุณค่าตรงกับประเด็น
  - 2.2 การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work creatively with others) หมายถึง ผู้เรียนสามารถสื่อสารความคิดใหม่ ๆ ให้กับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถจัดการงานร่วมกันจนสำเร็จ เปิดกว้างทางความคิด ยอมรับ ตอบสนองต่อมุมมองใหม่ นำข้อผิดพลาดมาคิดพิจารณาปรับปรุงแก้ไข แสดงความภาคภูมิใจต่อผลงานร่วมกัน
  - 2.3 การสร้างนวัตกรรม (Implement innovations) หมายถึง ผู้เรียนสามารถนำเสนอหรือแสดง ปฏิบัติการดำเนินการตามแบบแผนที่ออกแบบหรือตามความคิด เพื่อสร้างผลงานที่เป็นรูปธรรมและเป็นประโยชน์ได้
3. เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง ความรู้สึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทั้งความรู้สึกทางบวกและลบ พอใจและไม่พอใจ ซึ่งเป็นข้อคำถามแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วยองค์ประกอบ 4 ด้าน ได้แก่
- 3.1 ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
  - 3.2 ความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
  - 3.3 ความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
  - 3.4 การแสดงออกต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

### ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญและมีความต้องการเป็นอย่างมากในศตวรรษที่ 21
2. ได้แนวทางการส่งเสริมการเรียนรู้สำหรับนักเรียนที่สามารถเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้
3. เป็นแนวทางให้กับครูหรือนักการศึกษานำไปใช้เพื่อจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาในการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน
4. ได้แนวทางการส่งเสริมเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
5. ได้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสารรวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศเพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับดำเนินการวิจัย ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
  - 2.1 ความเป็นมาของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
  - 2.2 หลักการของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
  - 2.3 การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
  - 2.4 บทบาทของครูและผู้เรียน
  - 2.5 ผลที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน
3. สะเต็มศึกษา
  - 3.1 ประวัติความเป็นมาของสะเต็มศึกษา
  - 3.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
  - 3.3 แนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
  - 3.4 กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
  - 3.5 การวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
4. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
  - 4.1 ความเป็นมาของทักษะในศตวรรษที่ 21
  - 4.2 กรอบแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21
  - 4.3 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม
  - 4.4 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
  - 4.5 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
  - 4.6 แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

## 5. เจตคติ

5.1 ความหมายของเจตคติ

5.3 องค์ประกอบของเจตคติ

5.4 เครื่องมือวัดเจตคติ

5.4 แบบวัดเจตคติ

## 6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในประเทศ

6.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ



## หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยปรับปรุงหลักสูตรให้มีความทันสมัยทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลกและเทคโนโลยี และเพื่อให้การศึกษาในประเทศสามารถทัดเทียมกับนานาชาติได้ โดยจุดมุ่งหมายของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จัดทำเพื่อให้สถานศึกษาใช้เป็นกรอบในการกำหนดทิศทางของหลักสูตรสถานศึกษาเพื่อพัฒนาผู้เรียน และเพื่อให้ครูผู้สอนใช้ในการทำแผนการจัดการศึกษา รวมทั้งสื่อการสอนต่าง ๆ

### 1. เป้าหมายของวิชาวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุดเพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้จากวิธีการสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ ดังนี้

- 1.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีและกฎที่เป็นพื้นฐานในวิชาวิทยาศาสตร์
- 1.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์และข้อจำกัดในการศึกษา วิชาวิทยาศาสตร์
- 1.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางเทคโนโลยี
- 1.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีมวลมนุษย และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพลและผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 1.5 เพื่อนำความรู้ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 1.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการจัดการ ทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 1.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

## 2. การเรียนรู้ในวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญ ดังนี้

- 2.1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เป็นความรู้เกี่ยวกับชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพและวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต
- 2.2 วิทยาศาสตร์กายภาพ เป็นความรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสารการเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น
- 2.3 วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- 2.4 เทคโนโลยี จะมี 2 องค์ประกอบย่อย ได้แก่
  - 2.4.1 การออกแบบและเทคโนโลยี เป็นความรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิต ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้าน วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน อย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้ เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และ สิ่งแวดล้อม
  - 2.4.2 วิทยาการคำนวณ เป็นความรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการ คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบ ในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

## 3. สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ

มาตรฐาน ว 2.1

เข้าใจสมบัติของสาร องค์ประกอบของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้าง และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค หลักและธรรมชาติ

- ของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสสาร การเกิด  
สสารละลาย และการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจธรรมชาติของแรงในชีวิตประจำวัน ผลของแรง  
ที่กระทำต่อวัตถุ ลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ  
ของวัตถุรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- มาตรฐาน ว 2.3 เข้าใจความหมายของพลังงาน การเปลี่ยนแปลงและ  
การถ่ายโอนพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสสารและ  
พลังงาน พลังงานในชีวิตประจำวัน ธรรมชาติของคลื่น  
ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสง และคลื่น  
แม่เหล็กไฟฟ้า รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

นอกจาก 4 สาระการเรียนรู้หลักแล้วสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ยังได้กำหนดวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์อีก 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมีสาระฟิสิกส์ และสาระโลกดาราศาสตร์และอวกาศ ถึงแม้ว่าสถานศึกษาจะเป็นผู้กำหนดรายวิชาเพิ่มเติมในหลักสูตรของสถานศึกษาตามบริบทของตนเองได้ แต่วิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมถือว่าเป็นวิชาที่มีความสำคัญ และมีผลต่อการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษา และเป็นพื้นฐานในการต่อยอดสู่อาชีพสายวิทยาศาสตร์ ดังนั้นสถานศึกษาควรจัดการเรียนการสอนให้ผู้เรียนได้เรียนครบทุกสาระเพื่อให้มีความรู้เพียงพอในการนำไปใช้ในอนาคต (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

#### 4. วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมประกอบด้วย 4 สาระ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ได้แก่

- 4.1 ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับการศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- 4.2 เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี
- 4.3 ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

- 4.4 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

## 5. วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมสาระเคมี

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมสาระเคมี ประกอบด้วย 3 ข้อสาระสำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนี้

- 5.1 เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- 5.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมีปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมีสมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
- 5.3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมีการวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วย การคำนวณ ปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

โดยเนื้อหา เรื่องกรด-เบส จัดอยู่ในสาระเคมี ข้อที่ 2 คือ เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ดังตาราง 1

ตาราง 1 แสดงผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม

| ชั้น | ผลการเรียนรู้                                                                                    | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม                                                                                                     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ม.5  | 1. ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรี และลิวอิส | • สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรีหรือลิวอิส |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ชั้น | ผลการเรียนรู้                                                                            | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.   | ระบุกรด-เบสของสารตาม<br>ทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-<br>ลาวรี                               | ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีเมื่อกรด<br>หรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นจะมี<br>การถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรด<br>และเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือ<br>ไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่<br>เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 3.   | คำนวณ และเปรียบเทียบ<br>ความสามารถ ในการแตกตัวหรือ<br>ความแรงของกรดและเบส                | <ul style="list-style-type: none"> <li>กรดและเบสแต่ละชนิดสามารถแตกตัวในน้ำได้<br/>แตกต่างกัน กรดแก่หรือเบสแก่สามารถแตกตัว<br/>เป็นไอออนในน้ำได้เกือบสมบูรณ์ส่วนกรดอ่อน<br/>หรือเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย โดย<br/>ความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของ<br/>กรดหรือเบสอาจพิจารณาได้จากค่าคงที่การ<br/>แตกตัวของกรดหรือเบส หรือปริมาณการแตก<br/>ตัวเป็นร้อยละของกรดหรือเบส</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4.   | คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของ<br>ไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรด<br>และเบส | <ul style="list-style-type: none"> <li>น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแตกตัว<br/>ให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มี<br/>ความเข้มข้นเท่ากัน คือ <math>1.0 \times 10^{-7}</math> โมลต่อลิตร<br/>โดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ <math>1.0 \times 10^{-14}</math></li> <li>เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็น<br/>กรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่ง<br/>สัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน<br/>โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดร<br/>เนียมไอออนมากกว่า <math>1.0 \times 10^{-7}</math> โมลต่อลิตร<br/>หรือมีค่า pH น้อยกว่า 7 ส่วนสารละลายเบสมี<br/>ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า <math>1.0 \times 10^{-7}</math> โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า 7</li> </ul> |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ชั้น | ผลการเรียนรู้                                                                           | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5.   | เขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาสะเทิน และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายหลังการสะเทิน        | <ul style="list-style-type: none"> <li>ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสแก่ ให้สารละลายที่เป็นกลาง ปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดแก่และเบสอ่อน ให้สารละลายที่เป็นกรด ส่วนปฏิกิริยาสะเทินระหว่างกรดอ่อนและเบสแก่ ให้สารละลายที่เป็นเบส</li> </ul>                                                                                                                                                                                                          |
| 6.   | เขียนปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ และระบุความเป็นกรด-เบสของสารละลายเกลือ                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>เกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดแก่ด้วยเบสอ่อนเมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นกรด ส่วนเกลือที่ได้จากการสะเทินของกรดอ่อนด้วยเบสแก่ เมื่อละลายในน้ำจะเกิดปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส ได้สารละลายที่มีสมบัติเป็นเบส</li> </ul>                                                                                                                                                            |
| 7.   | ทดลอง และอธิบายหลักการการไทเทรต และเลือกใช้อินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการไทเทรตกรด-เบส | <ul style="list-style-type: none"> <li>การไทเทรตเป็นเทคนิคในการวิเคราะห์หาปริมาณหรือความเข้มข้นของสารที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันจุดที่สารทำปฏิกิริยาพอดีกันเรียกว่า จุดสมมูล ในทางปฏิบัติจุดสมมูลของปฏิกิริยาอาจไม่สามารถสังเกตเห็นได้จึงสังเกตจากการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์เพื่อบอกจุดยุติของการไทเทรตดังนั้นอินดิเคเตอร์ที่เหมาะสมในการไทเทรตกรด-เบสควรเป็นอินดิเคเตอร์ที่เปลี่ยนสีในช่วง pH ตรงกับหรือใกล้เคียงกับ pH ของสารละลาย ณ จุดสมมูล</li> </ul> |
| 8.   | คำนวณปริมาณสารหรือความเข้มข้นของสารละลายกรดหรือเบสจากการไทเทรต                          | <ul style="list-style-type: none"> <li>ปริมาณกรดและเบสที่ทำปฏิกิริยาพอดีกันจากการไทเทรตกรด-เบส สามารถนำไปคำนวณความเข้มข้นของกรดหรือเบสที่ต้องการทราบความเข้มข้นได้</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                         |

ตาราง 1 (ต่อ)

| ชั้น | ผลการเรียนรู้                                                                          | สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9.   | อธิบายสมบัติองค์ประกอบ และประโยชน์ของสารละลายบัฟเฟอร์                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารละลายของกรดอ่อนกับเกลือของกรดอ่อนนั้น หรือเบสอ่อนกับเกลือของเบสอ่อนนั้น เมื่อเติมกรด เบส หรือน้ำ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่า pH น้อยกว่าสารละลายทั่วไป สมบัติเฉพาะของสารละลายบัฟเฟอร์เป็นประโยชน์ต่อการควบคุม pH ของระบบในสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม</li> </ul> |
| 10.  | สืบค้นข้อมูลและนำเสนอตัวอย่างการใช้ประโยชน์และการแก้ปัญหาโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบส | <ul style="list-style-type: none"> <li>• ความรู้เกี่ยวกับกรด-เบสสามารถนำมาใช้ประโยชน์และแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน เกษตรกรรมอุตสาหกรรม และการแพทย์</li> </ul>                                                                                                                                                                    |

ที่มา: กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 181-183

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยในเนื้อหาเรื่องกรด-เบส จัดอยู่ในสาระเคมี ข้อที่ 2 คือ เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ โดยครอบคลุมผลการเรียนรู้ข้อที่ 1 – 4

### ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

#### 1. ประวัติความเป็นมาและความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism Theory) เป็นทฤษฎีการศึกษา (Theory of Education) ที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ นักจิตวิทยาชาวสวิสเซอร์แลนด์ ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยศาสตราจารย์ซีมัวร์ พาร์เพิร์ท (Professor Seymour Papert) นักคณิตศาสตร์และผู้เชี่ยวชาญด้านปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) และนักการศึกษาชาวอเมริกา แห่งสถาบัน MIT (Massachusetts Institute of Technology) ช่วงปลายทศวรรษ 1960 พาร์เพิร์ทได้มีโอกาสร่วมงานกับเพียเจต์ที่มหาวิทยาลัยเจนีวา ประเทศสวิสเซอร์แลนด์และได้

ทำการศึกษาการใช้คณิตศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจกระบวนการคิดและการเรียนรู้ของนักเรียนอย่างจริงจัง ซึ่งส่งผลให้พาร์เพิร์ทนั้นได้รับอิทธิพลทางความคิดจากเพียเจต์เป็นอย่างมาก พาร์เพิร์ทมีความเชื่อที่แตกต่างไปจากเพียเจต์ที่กล่าวว่าการศึกษาที่ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้เรื่องบางอย่างได้ในช่วงวัยหนึ่งนั้นเป็นเพราะเป็นเรื่องที่มีความซับซ้อน ยากต่อกระบวนการคิดของผู้เรียนในวัยนั้น ๆ แต่พาร์เพิร์ทกลับเชื่อว่าสาเหตุของการที่ผู้เรียนไม่สามารถเรียนรู้ได้นั้นเกิดจากการขาดแคลนอุปกรณ์ที่จะช่วยในส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียน เนื่องจากการมีสื่อหรืออุปกรณ์ที่ช่วยในการเรียนรู้จะส่งผลให้ผู้เรียนได้เลือกใช้สื่อเหล่านั้นมาช่วยในการคิดและเกิดการเรียนรู้ได้ ซึ่งพาร์เพิร์ทได้กล่าวอีกว่าทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้เรียนสามารถเป็นฝ่ายที่สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยความรู้นั้นไม่จำเป็นต้องมาจากครูเพียงฝ่ายเดียว ซึ่งการสร้างองค์ความรู้ที่เกิดจากชิ้นงานจะประกอบด้วยการจัดโอกาสให้กับนักเรียนได้มีส่วนร่วม การเรียนรู้ที่ดีไม่ได้เกิดจากการหาวิธีการสอนต่าง ๆ มาให้ครู แต่เกิดมาจากการให้โอกาสตลอดจนการจัดสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่ดีกว่าแก่นักเรียนในการสร้างความรู้ (Papert and Harel, 1991) โดยพาร์เพิร์ทได้ให้ความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานอย่างสั้น ๆ ว่าเป็นการเรียนรู้โดยการปฏิบัติ (Doing) และสร้าง (Making) สิ่งต่าง ๆ ขึ้นมา

สยมพร ศรีมุงคุณ (2554) ได้กล่าวว่าทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) เป็นการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้ความคิดเห็นนั้นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

ธีระยุทธ โพธิ์ทอง (2557) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (Constructionism) เป็นทฤษฎีการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

บุญเลิศ คณาชนสาร (ม.ป.ป.) ได้ให้ความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองว่า เป็นทฤษฎีที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไม่ใช่มาจากการสอนของผู้สอนเพียงอย่างเดียว การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อผู้เรียนได้ลงมือกระทำด้วยตนเอง (Learning by doing)

สุชิน เพ็ชรรักษ์ (2544) ได้กล่าวว่าทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) เป็นทฤษฎีที่เป็นกรอบแนวคิดในการเปลี่ยนผู้เรียนจากผู้รับการถ่ายทอด

การเรียนรู้เป็นผู้ลงมือและสำรวจเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการสอนที่ครูจะให้อิสระแก่ผู้เรียนทำในสิ่งที่ตนเองสนใจ โดยที่ผู้เรียนเป็นฝ่ายสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ไม่ได้มาจากครู และในการสร้างองค์ความรู้ที่ผู้เรียนจะต้องได้ลงมือสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมา

ไพโรจน์ ชินศิริประภา (2550) อ้างใน สายใจ คุณบัวลา (2558) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงานเป็นการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางโดยผ่านการปฏิบัติจริง เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นการส่งเสริมความสามารถในการคิดวางแผน การแก้ปัญหา และการทำงานเป็นทีม ฝึกความรับผิดชอบ ควบคู่ไปกับการมีคุณธรรมจริยธรรม เป็นการเรียนรู้เป็นองค์รวมและทำให้นักเรียนสามารถพึ่งพาตนเองได้และมีนิสัยใฝ่เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง

ทิตนา แหมมณี (2554) ระบุว่า ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อสร้างสรรค์ชิ้นงานมีแนวความคิดว่าการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง หากนักเรียนได้มีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดนั้นไปสร้างชิ้นงาน โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสม จะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน

วาสนา จ่างโพธิ์ (2562) กล่าวว่า Constructionism เป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ความรู้ไม่ได้มาจากการสอนของครูเพียงฝ่ายเดียว แต่ความรู้จะเกิดขึ้นและถูกสร้างขึ้นโดยผู้เรียนเอง

ผกาพรรณ วัฒนนาม, อุษาปราบหงษ์ และสำราญ กำจัดภัย (2564) กล่าวว่า ทฤษฎีการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาเป็นการเรียนรู้ที่ผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นด้วยตนเอง ที่มาจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองของผู้เรียนผ่านจนนำไปสู่การสร้างสรรค์ชิ้นงาน

จากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาความหมายของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานทำให้สามารถสรุปความหมายได้ว่าเป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองผ่านการได้ลงมือสร้างสรรค์สิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมา โดยมีความเชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ขึ้นได้เองโดยไม่จำเป็นต้องเกิดจากการถ่ายทอดจากครูเพียงอย่างเดียว ซึ่งเป็นการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมและได้ลงมือปฏิบัติจริง (Learning by doing)

## 2. หลักการของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

Papert and Harel (1991) ได้แบ่งกระบวนการของทฤษฎีนี้ว่ามี 2 กระบวนการด้วยกัน ได้แก่ กระบวนการแรกเป็นการที่ผู้เรียนเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง ไม่ได้เป็นเพียงผู้รับข้อมูลเนื้อหาการเรียนเท่านั้น ซึ่งความรู้ใหม่นั้นจะเกิดขึ้นได้จากการแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับ ส่วนกระบวนการที่สองกล่าวว่ากระบวนการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดก็ต่อเมื่อถ้ากระบวนการนั้นมีความหมายต่อผู้เรียน ซึ่งซูชิน เพ็ชรรักษ์ (2548) อ้างใน สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา (2556) นำมาสรุปเป็นหลักการได้ดังนี้

- หลักการที่ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง  
เป็นหลักการที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือประกอบกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเองหรือได้ปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอกที่มีความหมาย ซึ่งจะรวมถึงปฏิภณระหว่างความรู้ในตัวของผู้เรียน ผู้เรียนสามารถมองเห็นความสำคัญในสิ่งที่เรียนรู้และสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่าได้เพื่อสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ขึ้นมา
- หลักการที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้  
เป็นหลักการที่ครูจะจัดบรรยากาศการเรียนการสอนที่เอื้ออำนวยและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยครูจะสร้างทางเลือกในการเรียนรู้ที่หลากหลาย ผู้เรียนสามารถเลือกการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับตนเองส่งผลให้เกิดความสนุกและมีความสุขในการเรียน ซึ่งนำไปสู่การเชื่อมโยงความรู้ระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้เก่าได้ง่ายสำหรับผู้เรียน โดยที่ครูจะมีหน้าที่เป็นผู้ช่วยเหลือ กระตุ้น และคอยอำนวยความสะดวกแก่การเรียนรู้ของผู้เรียน
- หลักการเรียนรู้จากประสบการณ์และสิ่งแวดล้อม  
เป็นหลักการที่เน้นให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการเรียนรู้ร่วมกัน (Social value) ทำให้ผู้เรียนเห็นว่าคนเป็นแหล่งความรู้อีกแหล่งหนึ่งที่สำคัญ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานเป็นการจัดประสบการณ์เพื่อเตรียมคนออกไปเผชิญโลกในการใช้ชีวิตและการทำงาน หากผู้เรียนสามารถมองว่าคนก็เป็นอีกแหล่งความรู้สำคัญและสามารถแลกเปลี่ยนความรู้กันได้ ผู้เรียนก็สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น และปรับตัวได้ง่าย

- หลักการใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือ

เป็นการที่ผู้เรียนรู้จักแสวงหาคำตอบจากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ด้วยตนเองเป็นผลให้เกิดพฤติกรรมที่ฝังแน่นเมื่อผู้เรียน ผู้เรียนจะรู้ได้เองว่าจะเรียนรู้ได้อย่างไร (Learn how to Learn) ส่งผลให้เกิดพฤติกรรมที่ฝังแน่น

ภารวี สือประเสริฐสิทธิ (2561) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างสรรคด้วยปัญญา (Constructionism) อยู่บนพื้นฐานการยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง และการเรียนรู้จากประสบการณ์และสิ่งแวดล้อม โดยการสร้างองค์ความรู้ขึ้นเกิดจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองและสร้างสรรค์ออกมาเป็นชิ้นงาน โครงงาน ผลงาน โดยครูผู้สอนจะพยายามจัดบรรยากาศการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมที่หลากหลาย มีการเรียนรู้ร่วมกัน มีหลักการสำคัญ ดังนี้

- ความรู้ไม่ใช่มาจากการสอนของครูหรือผู้สอนเพียงอย่างเดียวแต่ความรู้จะเกิดขึ้นและสร้างขึ้นโดยตัวผู้เรียนเอง
- การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนลงมือทำเอง (Learning by doing)
- การเรียนรู้ยังรวมถึงปฏิภาณระหว่างความรู้ในตัวของผู้เรียนเอง

### 3. การจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

Papert and Harel (1991) ได้เสนอหลักในการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนากระบวนการคิดและกระบวนการทำงานของผู้เรียนให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการนำเสนอความคิดหรือองค์ความรู้ใหม่ของผู้เรียนผ่านชิ้นงานหรือผลงานที่ทำขึ้น โดยครูผู้สอนต้องดำเนินการจัดการเรียนรู้ได้ดังนี้ (สุชิน เพ็ชรรักษ์, 2544)

- เชื่อมโยงสิ่งที่รู้แล้วกับสิ่งที่ผู้เรียนกำลังเรียน
- การให้โอกาสผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่มทำโครงการที่ตนเองสนใจ โดยครูผู้สอนเป็นผู้คอยสนับสนุน ซึ่งทำให้ผู้เรียนเกิดการฝึกฝนและการเรียนรู้อย่างลึกซึ้ง
- เปิดโอกาสให้มีการนำเสนอความคิด ผลงาน รวมถึงผลการวิเคราะห์กระบวนการเรียนรู้ของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น
- ให้เวลาทำงานอย่างต่อเนื่อง

การที่ผู้เรียนมีอิสระในการเลือกตามความสนใจ จะทำให้ผู้เรียนได้คิดและลงมือปฏิบัติแตกต่างกัน แม้จะอยู่ในสภาพแวดล้อมหรือห้องเรียนเดียวกันแต่ผู้เรียนก็ไม่ต้องปรับ

ความคิดและความสนใจให้เหมือนคนอื่น ๆ การแสดงความคิดเห็นและผลงานให้ผู้อื่นได้เข้าใจ และร่วมกันพิจารณาให้ข้อเสนอแนะเป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ร่วมกัน และยอมรับในความแตกต่างของความคิด ส่งผลให้ผู้เรียนได้พัฒนาเอกลักษณ์ของตนเองได้อย่างต่อเนื่อง ผู้เรียนจะสามารถภาคภูมิใจในผลงานของตนเองโดยไม่ต้องคำนึงถึงความแตกต่างว่าจะกลายเป็นสิ่งที่ผิด ซึ่งเป็นการสร้างนิสัยการยอมรับความแตกต่างระหว่างบุคคล ซึ่งเป็นพื้นฐานในการดำรงชีวิตในสังคมที่เป็นประชาธิปไตย

ศิริกมล ตาน้อย และธีรภัทร์ เคาธะนันท์ (2566) กล่าวว่าบทเรียนจากทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ การมีส่วนร่วมจะสนับสนุนให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีหลักการ ดังนี้

- ผู้เรียนต้องสนใจและจดจ่อกับบทเรียน
- การเรียนรู้เป็นกิจกรรมทางสังคม
- การเรียนรู้ต้องพึงพาบริบทแวดล้อม
- การเรียนรู้ต้องใช้เวลา

#### 4. บทบาทของครูและผู้เรียน

##### 4.1 บทบาทของครูผู้สอน

ในการดำเนินกิจกรรมการสอน ครูควรรู้จักบทบาทของตนเองอย่างแจ่มแจ้ง ครุณับว่าเป็นบุคคลสำคัญที่จะทำเป็นให้การสอนสำเร็จผล ดังนั้นจึงควรรู้จักบทบาทของตน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550) ดังนี้

- 4.1.1 จัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้เหมาะสม โดยควบคุมกระบวนการการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมายตามที่กำหนดไว้และคอยอำนวยความสะดวกให้ผู้เรียนดำเนินงานไปได้อย่างราบรื่น
- 4.1.2 แสดงความคิดเห็นและให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนตามโอกาสที่เหมาะสม (ต้องคอยสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนและบรรยากาศการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา)
- 4.1.3 เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ตามแนวทางของทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยเน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เป็นผู้จุดประกายความคิดและกระตุ้นให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้โดยทั่วถึงกัน ตลอดจนรับฟังและสนับสนุนส่งเสริมให้กำลังใจแก่ผู้เรียนที่จะเรียนรู้เพื่อประจักษ์แก่ใจด้วยตนเอง

- 4.1.4 ช่วยเชื่อมโยงความคิดเห็นของผู้เรียนและสรุปผลการเรียนรู้ตลอดจนส่งเสริมและนำทางให้ผู้เรียนได้รู้วิธีวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้เพื่อผู้เรียนจะได้นำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ได้

#### 4.2 บทบาทของนักเรียน

ในการเรียนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้เรียนจะมีบทบาทเป็นผู้ปฏิบัติและสร้างความรู้ไปพร้อม ๆ กันด้วยตัวของผู้เรียนเอง บทบาทที่คาดหวังจากผู้เรียน (สร้อยญา เนตรธำมณท์, 2563) คือ

- 4.2.1 มีความยินดีร่วมกิจกรรมทุกครั้งด้วยความสมัครใจ
- 4.2.2 เรียนรู้ได้เอง รู้จักแสวงหาความรู้จากแหล่งความรู้ต่าง ๆ ที่มีอยู่ด้วยตนเอง
- 4.2.3 ตัดสินปัญหาต่าง ๆ อย่างมีเหตุผล
- 4.2.4 มีความรู้สึกและความคิดเป็นของตนเอง
- 4.2.5 วิเคราะห์พฤติกรรมของตนเองและผู้อื่นได้
- 4.2.6 ให้ความช่วยเหลือกันและกัน รู้จักรับผิดชอบงานที่ตนเองทำอยู่และที่ได้รับมอบหมาย
- 4.2.7 นำสิ่งที่เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในชีวิตจริงได้

#### 5. ผลที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน

จันทร์สม วรกิจพูนผล (2555) ชนกนันท์ กันทะวงศ์ (2561) และสร้อยญา เนตรธำมณท์ (2563) ทำการศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ด้วยปัญญาได้สรุปผลจากการที่ผู้เรียนได้รับหลังจากจัดการเรียนการสอนตามแนวทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานว่ามีความแตกต่างจากการเรียนการสอนแบบปกติอย่างชัดเจน สามารถสรุปได้ดังนี้

- 5.1 ผู้เรียนมีความสุขกับการเรียนมากขึ้น
- 5.2 ผู้เรียนได้รู้จักและเข้าใจตนเองดีขึ้น โดยผู้เรียนจะทราบทั้งข้อดีและข้อบกพร่องของตนเอง
- 5.3 ผู้เรียนรู้จักคิดอย่างเป็นระบบ เพราะการเรียนรู้และการทำงานทำให้ผู้เรียนได้พยายามค้นหาความรู้และคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหา
- 5.4 ผู้เรียนรู้จักวิธีการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง รู้ว่าควรแสวงหาความรู้อย่างไรให้เหมาะสมกับตนเอง และได้เรียนรู้ว่าคนก็เป็นอีกแหล่งเรียนรู้หนึ่งที่สำคัญ

- 5.5 ผู้เรียนรู้จักการแก้ไขปัญหาและตัดสินใจอย่างมีเหตุผล จากการฝึกฝนการวิเคราะห์ปัญหาและข้อมูลต่าง ๆ ที่พบระหว่างการลงมือปฏิบัติ และนำไปสู่การแก้ไขปัญหาในชีวิตจริงของผู้เรียน
- 5.6 ผู้เรียนกล้าแสดงออกอย่างมีเหตุผลมากขึ้น และเป็นผู้พูดและผู้ฟังที่ดี
- 5.7 ผู้เรียนมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์จากการทำงานที่มีโอกาสได้คิดสิ่งต่าง ๆ มีโอกาสได้ลองผิดลองถูกหรือพยายามได้แก้ไขปัญห ด้วยวิธีการที่หลากหลาย
- 5.8 ผู้เรียนได้ฝึกความเป็นคนใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่นมากขึ้น ไม่ปิดใจ เชื่อตนเองอยู่ฝ่ายเดียว และรู้จักการเป็นผู้ให้โดยการเรียนรู้ว่าการให้เป็นความสุขอย่างหนึ่ง
- 5.9 ผู้เรียนจะมีระเบียบวินัยในตนเองมากขึ้น รู้จักบังคับตนเอง
- 5.10 ผู้เรียนจะรู้จักการทำงานเป็นกลางและเลือกปฏิบัติตามทางสายกลาง รวมทั้งมีเป้าหมายชีวิตและมีแนวทางในการดำเนินชีวิตของตนเองที่ชัดเจนขึ้น

จากการศึกษาทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่า ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดย Papert and Harel (1991) ที่เชื่อว่าการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเอง เน้นผู้เรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยความรู้นั้นไม่ได้มาจากการสอนหรือการป้อนข้อมูลจากครูเพียงฝ่ายเดียว ซึ่งต้องอาศัย 2 กระบวนการเพื่อสร้างองค์ความรู้ ได้แก่ การเรียนรู้ และการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ซึ่งในการนำทฤษฎีดังกล่าวไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ครูผู้สอนต้องดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยคำนึงถึงการเชื่อมโยงสิ่งที่รู้แล้วกับสิ่งที่ผู้เรียนกำลังเรียน การให้ผู้เรียนเป็นผู้ริเริ่มทำสิ่งที่ตนสนใจ การเปิดโอกาสผู้เรียนนำเสนอความคิด ผลงาน เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้อื่น และการใช้เวลาผู้เรียนทำงานอย่างต่อเนื่อง นอกจากนั้นบทบาทของครูผู้สอนในการใช้ทฤษฎีดังกล่าวต้องจัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้เหมาะสม เน้นให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้คอยช่วยเชื่อมโยงความคิดของผู้เรียน เมื่อสามารถประยุกต์ใช้ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานจะนำไปสู่การทำให้ผู้เรียนมีความสุขกับการเรียน ผู้เรียนได้รู้จักและเข้าใจตนเอง ฝึกฝนการคิดอย่างเป็นระบบและพยายามแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง

## สะเต็มศึกษา

### 1. ประวัติความเป็นมาของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ได้ถูกพัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อตอบสนองความต้องการของเศรษฐกิจในศตวรรษที่ 21 โดย STEM นั้นสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Science Foundation: NSF) เป็นผู้กำหนดขึ้น ประกอบด้วยศาสตร์ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematic) สะเต็มศึกษาถูกพัฒนาโดย Yakman (2008) นักวิชาการชาวอเมริกาที่ขณะนั้นกำลังศึกษาและทำวิจัยในระดับปริญญาโทซึ่ง Yakman (2010) ได้เสนอให้เพิ่มตัวอักษร A หรือ Art คือศิลปะเข้าไปในสะเต็มเพื่อเชื่อมโยงการศึกษาวิทยาศาสตร์เข้ากับศิลปะ มุ่งเน้นและส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนจนเกิดการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่หลากหลาย และส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ หลากหลายทิศทาง โดยศิลปะศาสตร์ที่เพิ่มเข้ามาไม่ใช่เฉพาะทัศนศิลป์ หรือศิลปกรรมเท่านั้นแต่ยังเหมารวมถึงภาษา ดนตรี ทาทาง จิตวิทยา วรรณกรรม ปรัชญา สังคมและมนุษย์อีกด้วย

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาทำให้ผู้วิจัยได้ทราบว่านักเรียนในสาธารณรัฐเกาหลีสามารถทำผลคะแนน TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) และ PISA (Program for International Student Assessment) สูงมากแต่นักเรียนและเยาวชนในประเทศกลับไม่มีความสนใจในด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวนนักเรียนนักศึกษาที่ศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาสายวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์น้อยลงอย่างมาก ในปี ค.ศ.2011 กระทรวงศึกษาธิการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งเกาหลี (The Korean Ministry of Education, Science and Technology) จึงได้ผลักดันให้มีการนำ STEAM มาใช้ในรับมือกับสถานการณ์นี้ เพื่อการส่งเสริมและสนับสนุนทรัพยากรมนุษย์ในด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งมีเป้าหมายสำคัญเพื่อเพิ่มความสนใจและความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สามารถประยุกต์ใช้ความรู้โดยเน้นที่การเชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับสาขาวิชาอื่น ๆ รวมทั้งศิลปะ และการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (Jho, Hong and Song, 2016)

ในปี ค.ศ.2016 Rhode Island School of Design (RISD) ในสหรัฐอเมริกาได้นำสะเต็มศึกษามาทดลองใช้กับนักเรียน โดยเอาศิลปะมาบูรณาการในสะเต็มศึกษา ซึ่งสามารถพัฒนาความสามารถในการสร้างสรรค์ และประดิษฐ์นวัตกรรม ทำให้ผู้เรียนมีการคิดแบบองค์รวม สามารถทำความเข้าใจในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งยังช่วยให้

ห้องเรียน STEM เป็นห้องเรียนที่มีความสนุกสนาน ผู้เรียนมีอิสระในการคิดสร้างสรรค์ผลงาน จนประสบความสำเร็จและได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย (Messier, 2015)

ปัจจุบันประเทศไทยได้พัฒนาแนวคิดของการสร้างความรู้และทักษะจากสะเต็มไปสู่สะเต็มศึกษา โดยเพิ่มด้านศิลปะ ที่สื่อถึงความคิดสร้างสรรค์และความละเอียดอ่อนที่เป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 และมุ่งหวังให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในวงการศึกษาไทยอย่างเป็นรูปธรรม ผลักดันสะเต็มศึกษาโดยให้ความสำคัญกับตัว A ที่เพิ่มเข้ามา ซึ่งมุ่งเน้นสร้างนักเรียนมัธยมศึกษากลุ่มต้นแบบ ซึ่งเป็นโครงการที่ได้รับการสนับสนุนจากเขตพัฒนาพิเศษภาคตะวันออก (อีอีซี) และ สำนักโครงการและจัดการเรียนรู้ สำนักงานบริหารและพัฒนาองค์ความรู้ (องค์การมหาชน) โดยมีเป้าหมายสำคัญเพื่อสร้างแรงบันดาลใจ ความสนใจให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาได้เลือกเรียนต่อในสาขาวิชาที่เป็นที่ต้องการของตลาดแรงงานในสายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (Katchwattana, 2019)

## 2. ความหมายของสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษามีนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

พสธร วงศ์ชาติศรี (2562) กล่าวว่าสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ในรูปแบบบูรณาการเชื่อมโยงความรู้ พฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เพื่อพัฒนาให้มนุษย์มีทักษะในศตวรรษที่ 21 บนพื้นฐานความเข้าใจ ผู้เรียนสามารถสะท้อนสิ่งที่ผู้เรียนได้คิดออกมาในรูปแบบชิ้นงาน ทำให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจและสร้างแรงจูงใจในการเรียนวิทยาศาสตร์

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้กล่าวว่าสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการที่นำศิลปะมาบูรณาการจัดการกับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์

Yakman (2010) ได้ให้ความหมายของ STEAM ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกันเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของการคิดเชิงสร้างสรรค์และเชิงวิชาการ ทำให้ผู้เรียนสามารถแก้ไขปัญหาได้หลากหลายตัวเลือก และมีความสร้างสรรค์ เกิดความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในเนื้อหาของวิทยาศาสตร์

Perignat Katz-Buonincontro (2019) ระบุว่า STEAM Education เป็นตัวย่อสำหรับแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการที่ประกอบด้วยกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ คณิตศาสตร์ โดยคำจำกัดความของศิลปะไม่ใช่เฉพาะ

ทัศนศิลป์ อาทิ การวาดภาพ การถ่ายภาพ ประติมากรรม เท่านั้นแต่ยังรวมไปถึง ศิลปะการแสดง เช่น การเต้น ดนตรี และการแสดงละคร การเขียนเชิงสร้างสรรค์ กวีนิพนธ์ ศิลปะและงานฝีมือต่าง ๆ

ภิญโญ วงษ์ทอง (2563) สะท้อนถึงการศึกษาคือการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการศาสตร์ต่าง ๆ ด้านวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ศิลปะ (Arts) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ผสานเข้าด้วยกัน เน้นการเชื่อมโยงความรู้ และทักษะจากหลากหลายสาขามาใช้ในการคิดและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีการวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนและส่งเสริมการเรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีจินตนาการและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์มากขึ้น สามารถสื่อสารความคิดในรูปแบบของดนตรีการเคลื่อนไหว การสื่อสาร หรือการประดิษฐ์ที่มีความสมบูรณ์ทั้งการใช้งานและความสวยงาม ซึ่งสามารถพัฒนาผู้เรียนอย่างเป็นองค์รวมได้

จากความหมายของสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้ศึกษาทำให้สามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยมีการเพิ่มศาสตร์ทางศิลปะเข้าไปเสริมเพื่อสร้างแรงบันดาลใจและให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการประยุกต์ใช้ความรู้มาแก้ไขปัญหาได้หลากหลายทิศทาง เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความคิดสร้างสรรค์กับเนื้อหาวิชาการ ส่งผลให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาของวิทยาศาสตร์อย่างแท้จริง

### 3. แนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

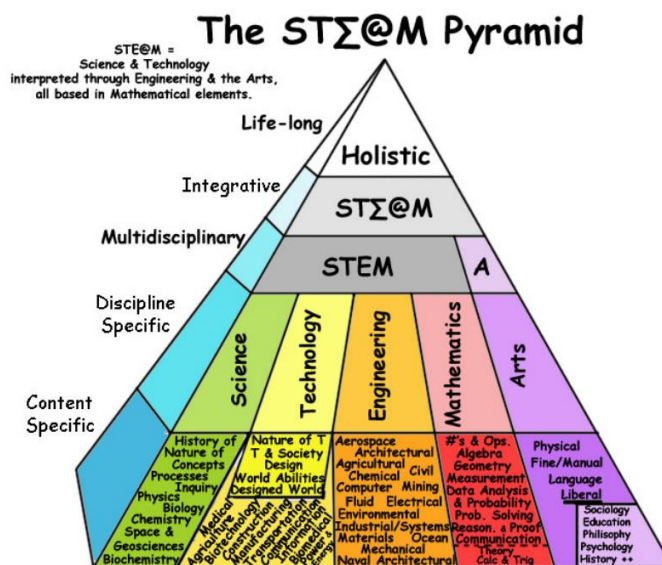
วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้รับแนวคิดจาก Yakman (2008) โดยได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

- วิทยาศาสตร์ (Science) คือ ประวัติศาสตร์ ธรรมชาติ แนวคิดและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชีววิทยา ชีวการแพทย์
- เทคโนโลยี (Technology) คือ ธรรมชาติของเทคโนโลยี เทคโนโลยีกับสังคม การออกแบบประโยชน์จากเทคโนโลยีในโลกรวมถึงเทคโนโลยีการเกษตร การก่อสร้าง การสื่อสาร ข้อมูล การแพทย์ ไฟฟ้าและพลังงาน และการขนส่ง
- วิศวกรรม (Engineer) คือ การใช้เหตุผลหลักการ และการสร้างสรรค์ บนพื้นฐานวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์โดยใช้เทคโนโลยีในการสร้างสรรค์ การบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม เคมี โยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม

- ศิลปะ (Arts) คือ การสื่อสาร การสร้างความเข้าใจ แนวคิด ทักษะ และ  
ขนบธรรมเนียมประเพณีที่ส่งต่อมาจากอดีตสู่ปัจจุบันและอนาคต ทักษะศิลป์ ดนตรีการ  
เคลื่อนไหวร่างกาย นาฏศิลป์การแสดง ภาษาวรรณกรรมรวมทั้งการศึกษา  
ประวัติศาสตร์ ปรัชญา การเมือง จิตวิทยา สังคมวิทยา เทววิทยา
- คณิตศาสตร์ (Mathematic) คือ ตัวเลขและการปฏิบัติ (คำนวณ): พีชคณิต แคลคูลัส  
เรขาคณิต ตรรกศาสตร์ การวิเคราะห์ข้อมูล ความน่าจะเป็น การดำเนินการแก้ปัญหา  
การมีเหตุผลและหลักฐานทฤษฎี

ภิญโญ วงษ์ทอง (2563) ได้กำหนดเนื้อหาที่ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้  
บูรณาการสเต็มศึกษา โดยครูต้องเลือกเนื้อหาที่สอนซึ่งต้องสอดคล้องกับมาตรฐานการ  
เรียนรู้ และตัวชี้วัดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับ  
ปรับปรุง พ.ศ. 2560) เพื่อใช้ในการออกแบบการจัดการเรียนรู้ให้มีความเชื่อมโยงความรู้  
และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) ศิลปะ (A) และ  
คณิตศาสตร์ (M) ไว้ดังนี้

- Science คือการตั้งคำถาม สำรวจ ทดลอง วิเคราะห์ และสรุปผล โดยใช้กระบวนการ  
ทางวิทยาศาสตร์
- Technology คือการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล การเลือกใช้วัสดุ และอุปกรณ์ใน  
การใช้งานได้อย่างเหมาะสม
- Engineering คือ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ได้แก่ กำหนดปัญหา รวบรวม  
ข้อมูล เลือกวิธีการ ออกแบบ ปฏิบัติการ ทดสอบ ปรับปรุงแก้ไข และประเมินผล
- Arts คือ การสื่อสารภาษาด้วยภาพวาด ภาษาพูด การประดิษฐ์ การนำเสนอข้อมูลอย่าง  
สร้างสรรค์
- Mathematic คือ การวัด การคำนวณ การเปรียบเทียบ รูปทรงและการบันทึกข้อมูลเชิง  
ปริมาณ



ภาพ 1 กรอบแนวคิดพีระมิดสะเต็มศึกษา

ที่มา: Yakman and Lee, 2012

ย้อนไปในปี ค.ศ. 2008 Yakman (2008) ได้เสนอกรอบแนวคิดใหม่อย่าง STEAM Education ที่มีพื้นฐานมาจากสะเต็มศึกษาโดยการประสานเอาศิลปะไปเชื่อมโยงกับวิชาการทางวิทยาศาสตร์ สามารถจำแนกรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

- วิทยาศาสตร์ (Science: S) ได้แก่ ชีววิทยา ชีวเคมี เคมี ธรณีศาสตร์ ฟิสิกส์และอวกาศ เทคโนโลยีชีวภาพและชีวการแพทย์
- เทคโนโลยี (Technology: T) ได้แก่ การเกษตร การก่อสร้าง การสื่อสาร การแพทย์ กำลังและพลังงาน การผลิตและการขนส่ง
- วิศวกรรม (Engineering: E) ได้แก่ การบินและอวกาศ การเกษตร สถาปัตยกรรม เคมี โยธา คอมพิวเตอร์ ไฟฟ้า สิ่งแวดล้อม ของไหล อุตสาหกรรม วัสดุ เครื่องจักร การเดินเรือและมหาสมุทร
- คณิตศาสตร์ (Mathematic: M) ได้แก่ พีชคณิต แคลคูลัส การสื่อสาร การวิเคราะห์ ข้อมูลและความน่าจะเป็น เรขาคณิต การแก้ปัญหา การพิสูจน์ และตรีโกณมิติ
- ศิลปะ (Art: A) ได้แก่ ภาษา การเคลื่อนไหว ประวัติศาสตร์ ปรัชญา การเมือง จิตวิทยา สังคมวิทยา (Yakman, 2010)

Yakman (2010) ได้ศึกษาสาขาวิชาต่าง ๆ และพยายามหาความเชื่อมโยงของวิชาเหล่านี้เข้าไว้ด้วยกัน จนก่อเกิดเป็นกรอบแนวคิดพีระมิดสะเต็มศึกษาเพื่อให้สามารถ

นำไปศึกษาและปฏิบัติในการเรียนการสอนได้ ซึ่งได้แบ่งระดับชั้นของเนื้อหาไว้ 5 ระดับชั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 คือขั้นการศึกษาตลอดชีวิต (Life-long Holistic) เป็นการศึกษาแบบองค์รวม โดยทุกคนหรือทุกเพศและทุกวัยจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเรียนรู้ที่เกิดจากการปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ เนื่องจากโลกในปัจจุบันมีข้อมูลข่าวสารที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว ผู้คนต้องมีการปรับตัวอยู่ตลอดเวลา โดยเฉพาะในเรื่องของการศึกษาและการเรียนรู้เพื่อให้มีความพร้อมต่อชีวิตการทำงานและการใช้ชีวิตในโลกยุคปัจจุบัน

ขั้นที่ 2 คือขั้นการบูรณาการ (Integrated Level) เป็นการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเห็นภาพรวมเบื้องต้นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างรายวิชา STEM กับ A ผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติตามโจทย์หรือหัวข้อที่ครูผู้สอนกำหนด ซึ่งขั้นบูรณาการนี้เหมาะที่จะนำมาใช้กับนักเรียนในทุกระดับชั้น

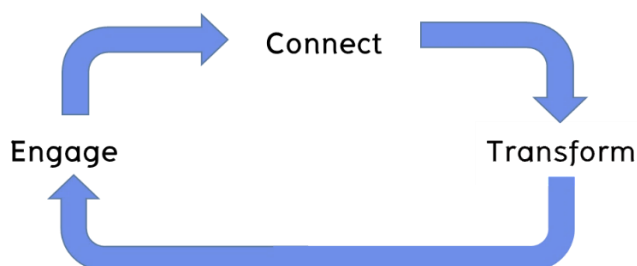
ขั้นที่ 3 คือขั้นการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชา (Multidisciplinary Level) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นสายวิชาทางสะเต็มศึกษาซึ่งจะแยก Arts หรือศิลปะออกมาเป็นส่วนเสริมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ผ่านเรื่องหรือโครงการ โดยในขั้นการเรียนรู้แบบสหสาขาวิชาเหมาะกับการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาในส่วนของการปฏิบัติ

ขั้นที่ 4 คือขั้นกลุ่มวิชาเฉพาะ (Discipline Specific Level) เป็นขั้นการศึกษาที่เน้นไปที่ภาพรวมของแต่ละรายวิชา เป็นระดับที่ใช้สำรวจความเชี่ยวชาญของแต่ละบุคคล เพื่อเป็นแนวทางในการได้ประกอบอาชีพที่ตนถนัดในอนาคตรวมไปถึงงานอดิเรกต่าง ๆ โดยในขั้นตอนนี้เหมาะกับการจัดการเรียนรู้กับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษา

ขั้นที่ 5 คือขั้นการเรียนรู้เนื้อหาสาระที่เฉพาะเจาะจง (Content Specific Level) เป็นการศึกษาที่เน้นเนื้อหาวิชาที่เฉพาะเจาะจงที่นักเรียนเป็นผู้เลือก เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาความรู้ทางวิชาชีพไปใช้ในการทำงานได้อย่างเต็มศักยภาพ

#### 4. กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

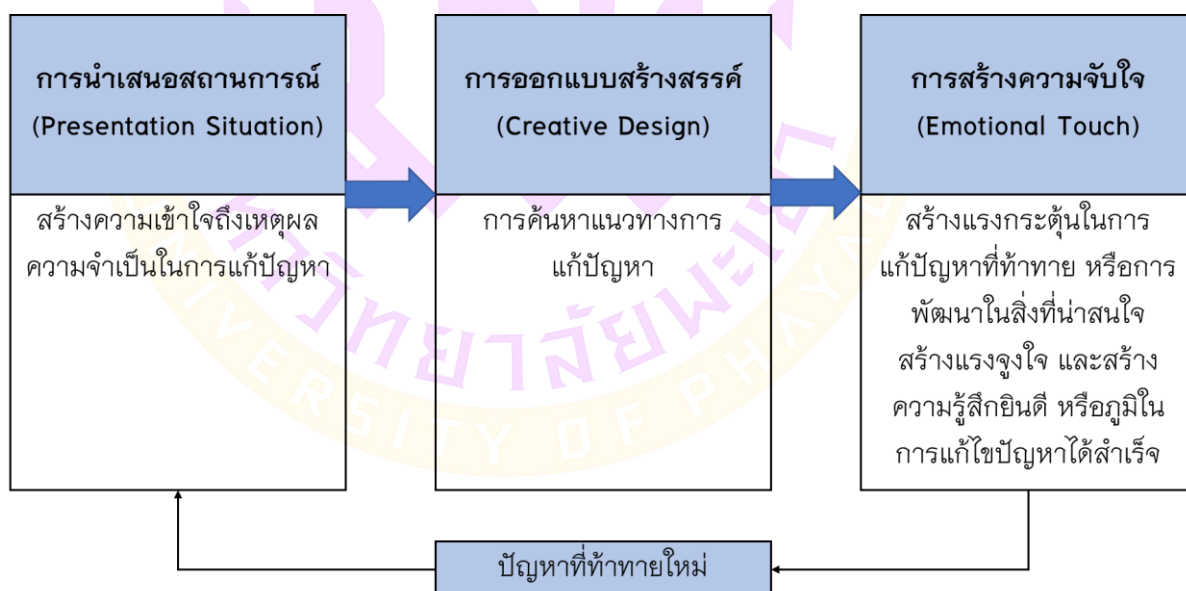
การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีหลากหลายวิธี ซึ่งแต่ละวิธีนั้นมีจุดเด่นและข้อจำกัดที่แตกต่างกัน แต่ไม่มีข้อมูลอ้างอิงที่ชัดเจนว่าวิธีการใดเหมาะสมที่สุด ซึ่งครูผู้สอนควรพิจารณาและคำนึงถึงผู้เรียนเป็นสำคัญมากกว่า เนื่องจากผู้เรียนแต่ละคนมีลักษณะนิสัยและพื้นฐานที่ไม่เท่ากัน มีนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านที่ได้เสนอกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในรูปแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้



ภาพ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาในศตวรรษที่ 21

ที่มา: สุภัค โอฬาริยกุล, 2562

สุภัค โอฬาริยกุล (2562) ได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่สอดคล้องกับโลกในยุคศตวรรษที่ 21 แสดงดังภาพ 3 โดยมุ่งเน้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด การแก้ปัญหา สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาวิชาต่าง ๆ มาบูรณาการและประยุกต์เอาความรู้หรือประสบการณ์ที่ผู้เรียนสะสมมาใช้ดำเนินการให้เกิดผลลัพธ์หรือผลผลิต โดยเป็นกระบวนการที่สามารถพัฒนาผู้เรียนที่ดีประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ การเข้าถึง (Engage) การเชื่อมต่อ (Connect) และการเปลี่ยนแปลง (Transform) ซึ่งทั้งสามขั้นตอนนี้สามารถหมุนวนกลับเป็นวัฏจักรได้



ภาพ 3 กรอบแนวคิดในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ที่มา: สุภัค โอฬาริยกุล, 2562

STEAM Education ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในหลายโรงเรียนทั่วโลก โดยเฉพาะในประเทศสหรัฐอเมริกา และสาธารณรัฐเกาหลี ซึ่งได้รับผลตอบรับที่ดีมากสำหรับผู้เรียน โดยผู้เรียนมีกระบวนการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ทำให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไม่น่าเบื่อและเครียด รวมทั้งผู้เรียนได้เรียนรู้จากการทำงานและปฏิบัติจริง มีทักษะในการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ โดยเฉพาะการใช้สื่อเทคโนโลยีในการค้นคว้าสืบเสาะหาข้อมูล เป็นการส่งเสริมกระบวนการคิดวิเคราะห์ พัฒนาความสามารถที่หลากหลาย สามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายวิธี ซึ่งในสาธารณรัฐเกาหลีมีการกำหนดแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาให้นำศิลปะมากระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นถึงความสามารถของตนเอง สร้างความมั่นใจและความเชื่อมั่นของผู้เรียน และเกิดแรงบันดาลใจให้ผู้เรียนมีความสนใจในการเรียนและประกอบอาชีพในสายวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น

มูลนิธิแห่งสาธารณรัฐเกาหลีเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และการสร้างสรรค์ (Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity: KOFAC) ได้เสนอแนวทางการนำสะเต็มศึกษาไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน แสดงในภาพที่ 4 โดยมีการจัดประสบการณ์ส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยตนเองบนพื้นฐานความรู้ กระบวนการธรรมชาติที่หลากหลายของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งแนวทางการจัดการเรียนการสอนของสะเต็มศึกษาตามแนวทาง KOFAC ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนแรกคือการนำเสนอบริบทหรือสถานการณ์ (Presentation Situation) เป็นการนำเสนอบริบทของปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง หรือปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับตัวผู้เรียนเอง หรือจะเป็นปัญหาในระดับโลกก็ได้ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีข้อมูลพื้นฐานสามารถเห็นภาพรวมของปัญหาได้ เช่น เกิดความเข้าใจและสามารถวิเคราะห์ประเด็นปัญหา ร่วมมือกับผู้เรียนคนอื่นเพื่อหาทางพัฒนาหรือแก้ปัญหาในเชิงสร้างสรรค์ได้ ขั้นตอนที่สองคือการออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) เป็นการออกแบบผลงานอย่างสร้างสรรค์เพื่อแก้ปัญหาที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนแรก เพื่อพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ และทักษะการสื่อสาร ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ร่วมกัน และส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการตกตะกอนทางความรู้มีการเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง ขั้นตอนที่สามคือการสร้างความจับใจ (Emotional Touch) เป็นการขยายผลจากสิ่งที่ค้นพบ มีจุดมุ่งเน้นให้เกิดความรู้สึกต่อผู้เรียน ให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีและเกิดความภาคภูมิใจกับสิ่งที่ผู้เรียนได้กระทำ กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกทางความรู้สึกใน

การเห็นอกเห็นใจผู้อื่น ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาล้วนส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก (KOFAC, 2012 อ้างใน วิสูตร โพธิ์เงิน, 2560)

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้เสนอขั้นตอนการจัดกิจกรรมตามกรอบแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐานไว้ 4 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นแรก คือ การนำเสนอสถานการณ์ (Presentation Situation) เป็นขั้นที่ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันที่ต้องการให้ผู้เรียนแก้ไข โดยมีการเร้าความสนใจผู้เรียนโดยอาจใช้คำถามกระตุ้น ขั้นที่สอง คือ การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) เป็นขั้นของการให้ผู้เรียนค้นคว้าและรวบรวมข้อมูล อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนของการประยุกต์ใช้ความรู้ที่ผู้เรียนสะสมมาเพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นงาน ให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่อิสระในการแก้ไขปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และเกิดการเรียนรู้และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ขั้นที่สาม คือ การสร้างความจับใจ (Emotional Touch) เป็นขั้นของการขยายสิ่งที่ค้นพบ ผู้เรียนจะได้นำเสนอผลงานและแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นกับทั้งเพื่อนและครูผู้สอน เพื่อให้ผู้เรียนนำไปปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น ถือได้ว่าเป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนแสดงเจตคติต่อสิ่งที่ได้เรียนรู้ เน้นสร้างให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีและสนใจในการเรียนวิทยาศาสตร์ และขั้นที่สี่ คือการต่อยอดหรือปัญหาใหม่ (Improvement or New Problem) เป็นขั้นของการสร้างแรงบันดาลใจและความภูมิใจแก่ผู้เรียนได้เห็นถึงความสำคัญของความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับชีวิตจริง โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ต่อยอดสร้างสรรค์ผ่านกระบวนการออกแบบทางศิลปะโดยมีพื้นฐานความรู้จากวิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ Riley (2016) ยังได้เสนอกระบวนการสร้างห้องเรียนแบบ STEAM 6 ขั้นตอน ที่ครูผู้สอนสามารถนำไปใช้ได้ง่าย และสะดวกในการจัดการเรียนการสอน โดยในแต่ละขั้นตอนมีการบูรณาการระหว่างศิลปะและเนื้อหาในบทเรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้พยายามจัดการกับปัญหา ได้แก่ ขั้นแรกเป็นขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) คือขั้นที่ครูผู้สอนเลือกคำถามหรือปัญหาที่ต้องแก้ไขให้กับผู้เรียน ขั้นที่สองเป็นขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) คือขั้นของการวิเคราะห์ปัญหาหรือคำถาม เน้นให้ผู้เรียนได้สังเกตความสัมพันธ์ของปัญหาและตอบคำถามปัญหา ขั้นที่สามเป็นขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะได้ค้นพบข้อมูลที่ใช้ในการแก้ปัญหา โดยให้ผู้เรียนได้ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือคำถามนั้น ๆ รวมทั้งศึกษาเอกสารต่าง ๆ ซึ่งเป็นขั้นที่ครูผู้สอนสามารถใช้วิเคราะห์ทักษะจำเป็นที่ผู้เรียนขาดหายไปและเลือกสอนทักษะหรือกระบวนการเหล่านั้นให้ผู้เรียนเพิ่มเติมได้ ขั้นที่สี่เป็นขั้นประยุกต์ (Application) เป็นขั้นที่เกิดหลังจากผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาและ

แนวทางแก้ไข ซึ่งผู้เรียนจะต้องสร้างวิธีแก้ปัญหา โดยผ่านการประยุกต์ใช้ทักษะ กระบวนการ และความรู้ที่ได้รับจากการสืบค้นและการสอนในขั้นตอนของการศึกษาค้นคว้า ขั้นที่ห้าคือขั้นนำเสนอ (Presentation) เป็นขั้นของการแบ่งปันสิ่งสำคัญของผู้เรียนซึ่งให้ผู้เรียนได้แสดงออกในมุมมองความคิดเห็นของตนเองผ่านการนำเสนองานเพื่อรับฟัง ข้อเสนอแนะ คำติชม จากทั้งครูและเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งขั้นตอนนี้ยังเป็นโอกาสสำคัญที่ครูจะได้ สะท้อนกลับแก่ผู้เรียนทันที ขั้นสุดท้ายคือขั้นประเมินและปรับปรุง (Link) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ สะท้อนความคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากขั้นนำเสนอเข้ามาแก้ไขปรับปรุงชิ้นงาน ของตนเอง

ดังนั้นจากการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยจึงเลือกแนวคิดของ Riley (2016) มาใช้ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นระบุ สถานการณ์ (Focus) คือ ขั้นที่ครูผู้สอนเลือกคำถามหรือปัญหา และนักเรียนร่วมกันทำ ความเข้าใจปัญหานั้น ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) คือ ขั้นของการวิเคราะห์ปัญหาหรือ คำถาม หาความสัมพันธ์และสาเหตุของปัญหา ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) ขั้นที่ผู้เรียนได้ ค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหา และสร้างความรู้ พื้นฐานแก่นักเรียน ขั้นประยุกต์ (Application) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะสร้างวิธีแก้ปัญหา และ ผลงาน โดยผ่านการประยุกต์ใช้ทักษะ กระบวนการ และความรู้ที่ได้รับจากการสืบค้น ขั้น นำเสนอ (Presentation) เป็นขั้นที่ทำให้ผู้เรียนได้แสดงออกทางความคิด และแสดงผลงาน ผ่านการนำเสนองานเพื่อรับฟังข้อเสนอแนะ คำติชม จากทั้งครูและเพื่อนร่วมชั้น ขั้นประเมิน และปรับปรุง (Link) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้สะท้อนความคิดเห็น หรือข้อเสนอแนะต่าง ๆ จากขั้น นำเสนอเข้ามาแก้ไขปรับปรุงชิ้นงานของตนเอง

## 5. แนวทางการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การวัดและการประเมินผลการจัดการเรียนรู้เป็นสิ่งที่มีความจำเป็น ต้อง ดำเนินการควบคู่กับการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน เป็นกระบวนการที่จะได้ข้อมูลที่ แสดงถึงพัฒนาการความก้าวหน้าและความสำเร็จในการเรียนรู้ของผู้เรียน อีกทั้งการวัด ประเมินผลเป็นกลไกหนึ่งในการประกันคุณภาพการศึกษา พระราชบัญญัติการศึกษา แห่งชาติพุทธศักราช 2542 ได้ระบุถึงวิธีการประเมินผลการเรียนรู้ไว้ว่า การประเมินผล ผู้เรียนสามารถพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกต พฤติกรรม

การเรียนรู้ การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไปในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2562)

การวัดผลและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีลักษณะที่คล้ายกับสะเต็มศึกษา โดยต้องเน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงที่สามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติ และความสามารถแท้จริงของผู้เรียน ซึ่งข้อมูลที่ได้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้เรียนและครูผู้สอนที่จะได้ทราบพัฒนาการการเรียนรู้และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใดมีจุดเด่นใดที่ควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ มากไปกว่านั้นยังเป็นประโยชน์ต่อผู้สอนที่จะนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้และวิธีการสอนให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับผู้เรียนมากขึ้น โดยแนวทางการวัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาต้องเป็นการประเมินตามสภาพจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2559) ที่ออกแบบมาเพื่อสะท้อนให้เห็นพฤติกรรมและทักษะที่จำเป็นของผู้เรียนในสถานการณ์ที่เป็นจริง และเป็นวิธีการประเมินที่เน้นงานหรือกิจกรรมที่ผู้เรียนได้แสดงออกโดยการกระทำ เน้นกระบวนการเรียนรู้ผลผลิตและผลงาน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมินและร่วมในการจัดกระบวนการเรียนรู้ของตนเอง ซึ่งวิธีการนี้เชื่อว่าจะช่วยพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างต่อเนื่อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

#### 5.1 ประโยชน์ของการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง

- 5.1.1 ใช้งานที่มีลักษณะปลายเปิดและสะท้อนกิจกรรมการเรียนการสอนที่แท้จริง
- 5.1.2 เน้นการใช้ทักษะ ความรู้ความเข้าใจระดับสูงที่สามารถประยุกต์ใช้ข้ามวิชาได้
- 5.1.3 เน้นที่สาระสำคัญของลักษณะที่บ่งบอกถึงพัฒนาการทางการเรียนรู้มากกว่าเพียงแต่การดูปริมาณของความบกพร่อง
- 5.1.4 เป็นปฏิบัติการที่เด่นชัดและแสดงให้เห็นกระบวนการแก้ปัญหาที่มีความสลับซับซ้อนและยุ่งยากได้เป็นอย่างดี
- 5.1.5 ส่งเสริมให้มีการใช้วิธีการประเมินผลที่หลากหลาย และบันทึกผลการเรียนรู้ในภาพกว้างที่ได้มาจากสถานการณ์ต่าง ๆ
- 5.1.6 สามารถใช้ได้กับทั้งรายบุคคลและรายกลุ่ม
- 5.1.7 ให้ความสำคัญและสนใจในความคิดและความสามารถของบุคคล
- 5.1.8 สนองตอบความแตกต่างระหว่างบุคคลและประเภทของผู้เรียนที่แตกต่างกันเป็นอย่างดี

- 5.1.9 ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือกันระหว่างกระบวนการเรียนการสอน และกระบวนการวัดและการประเมินผลระหว่างผู้เรียน ผู้สอนและผู้ปกครอง
- 5.1.10 ผู้เรียนและผู้สอน ล้วนมีบทบาทสำคัญในการประเมินผล
- 5.1.11 ไม่นับว่าผลการศึกษจะต้องเป็นไปตามเกณฑ์สมมุติฐานที่ตั้งไว้ก่อนหน้าที่จะมีการเรียนการสอน
- 5.1.12 สามารถนำมาใช้เป็นวิธีการประเมินในระยะยาวได้
- 5.1.13 ให้ความสำคัญกับความก้าวหน้าที่ต้องการให้เกิดขึ้นมากกว่าการบันทึกจุดอ่อนของผู้เรียน (กิตติ กิตติศัพท์, 2547) (สำราญ กำจัดภัย, 2559)

## 5.2 เครื่องมือวัดและประเมินตามสภาพจริง

โดยทั่วไปการวัดและประเมินผลให้ตรงกับสิ่งที่ต้องการวัด มักต้องใช้เทคนิคการเก็บรวบรวมข้อมูลและใช้เครื่องมือที่มีคุณภาพเหมาะสมกับคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา รวมถึงเงื่อนไขบริบทอื่น ๆ อาทิจุดประสงค์การวัด ลักษณะผู้สอบ ปริมาณระยะเวลา สถานที่ งบประมาณ การประเมินตามสภาพจริงมักใช้วิธีการประเมินหลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) (สมชาย รัตนทองคำ, 2554) ดังนี้

- 5.2.1 การทดสอบ มักใช้แบบทดสอบ เพื่อประเมินความรู้ความสามารถของผู้เรียน เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วยแบบสอบเขียนตอบ แบบสอบเลือกตอบ และสอบภาคปฏิบัติและแบบวัดต่าง ๆ เป็นต้น
- 5.2.2 การสอบสัมภาษณ์ เป็นวิธีการวัดผลด้วยการซักถาม สนทนา โต้ตอบ เพื่อประเมินความคิด ทักษะคิดต่าง เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสัมภาษณ์แบบมีโครงสร้าง และคำถามแบบไม่มีโครงสร้าง
- 5.2.3 การสังเกต เป็นการวัดและประเมินที่มีรายการ พฤติกรรมเป้าหมายที่ต้องการเก็บข้อมูลด้วยประสาทสัมผัส โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางหูและตา เพื่อศึกษาพฤติกรรมที่มีความละเอียดชัดเจนของผู้เรียนในสภาพการณ์ต่าง ๆ ที่กำหนด เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย แบบตรวจสอบรายการ แบบมาตรวัดประเมินค่า และแบบบันทึก เป็นต้น
- 5.2.4 การตรวจผลงาน เป็นการวัดและประเมินด้วยการกำหนดงาน กิจกรรม หรือแบบฝึก ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติฝึกฝน โดยผู้สอนจะเป็นผู้ตรวจสอบความถูกต้องด้วยตนเอง หรือเพื่อนผู้เรียนที่ได้รับมอบหมาย เพื่อให้ได้ข้อมูลจริงสำหรับสะท้อนผลการปรับปรุงแก้ไข พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเป็นระบบ เครื่องมือที่ใช้ เช่น แบบประเมินผลงาน

5.2.5 การใช้แฟ้มสะสมงาน เป็นการวัดและประเมินที่ใช้หลักการเก็บหลักฐานผลงานที่ดีและมีความภาคภูมิใจ ที่เป็นตัวแทนงานที่ปฏิบัติของผู้เรียนเกี่ยวกับ ทักษะ แนวคิด ความสนใจ ความสำเร็จ โดยมีผลการประเมิน จุดเด่น จุดด้อยของชิ้นงานอันแสดงถึงความก้าวหน้าในการเรียนด้วยตนเองของผู้เรียนเอง เพื่อนร่วมชั้น หรือผู้สอน แล้วนำหลักฐานมาบรรจุลงในแฟ้ม แผ่นบันทึกข้อมูล เป็นต้น ลักษณะแฟ้มสะสมงานที่ดีควรมีความหลากหลาย สามารถสะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนแต่ละคน เครื่องมือที่ใช้สำหรับประเมินแฟ้มสะสมงาน ได้แก่ แบบบันทึก แบบประเมินผลงาน และแบบประเมินตนเอง เป็นต้น

5.2.6 การประเมินโดยใช้ศูนย์ประเมิน คือสถานที่ หรือคอมพิวเตอร์และซอฟต์แวร์ที่สร้างหรือกำหนดขึ้นเพื่อให้สำหรับทดสอบหรือประเมินผู้เรียนภายใต้สถานการณ์จำลอง หรือสิ่งเร้า เพื่อให้ผู้เรียนตอบสนองโดยการแสดงออกตามพฤติกรรมบ่งชี้การประมวลความรู้และทักษะต่าง ๆ ของผู้เรียนว่ามีมากน้อยเพียงใด และอยู่ในระดับใด กิจกรรมหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้มีหลากหลาย ได้แก่ เกม แบบฝึกหัดขั้นตอนการทำงาน ใบงาน การสนทนากลุ่ม การทำงานเป็นกลุ่ม และการแสดงบทบาทสมมติการนำเสนองาน เครื่องมือที่ใช้วัดประกอบด้วย แบบตรวจสอบรายการ แบบมาตรวัดประเมินค่า แบบบันทึกพฤติกรรม แบบประเมินผลงาน และแบบทดสอบ เป็นต้น

จากการศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะมีลักษณะที่คล้ายกับสะเต็มศึกษา โดยมีการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ทำให้ทราบพัฒนาการการเรียนรู้และความสำเร็จของผู้เรียนและเป็นประโยชน์ต่อผู้สอนที่จะนำข้อมูลมาใช้ในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้และวิธีการสอนให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับผู้เรียน โดยทั่วไปการประเมินตามสภาพจริงมักใช้วิธีการประเมินหลากหลาย ได้แก่ การทดสอบ การสอบสัมภาษณ์ การสังเกต การตรวจผลงาน การใช้แฟ้มสะสมผลงาน และการประเมินโดยใช้ศูนย์ประเมิน ซึ่งผู้วิจัยเลือกการทดสอบ เนื่องจากสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 ซึ่งมีความเหมาะสมที่จะนำการทดสอบมาใช้ร่วมกับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

## ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

### 1. ประวัติความเป็นมาของทักษะในศตวรรษที่ 21

ช่วงต้นศตวรรษที่ 21 เป็นช่วงของการปฏิวัติอุตสาหกรรม ระบบการศึกษาทั่วโลกมุ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการอ่านออกเขียนได้และการคำนวณ เนื่องจากระบบการศึกษาในสมัยนั้นเน้นให้ผู้เรียนจดจำเนื้อหาและความรู้ ทำให้นักวิชาการส่วนใหญ่มองว่าทักษะเหล่านี้มีความจำเป็น แต่เมื่อเวลาผ่านไปมีการพัฒนาระบบเทคโนโลยีและโทรคมนาคมให้ดีขึ้น ส่งผลให้โลกเชื่อมต่อกันได้ง่าย ข้อมูลสามารถเผยแพร่ได้หลากหลายแหล่งและเข้าถึงได้ง่าย ดังนั้นความสามารถในการอ่านออกเขียนได้และการคิดเลขเป็นจึงไม่เพียงพอต่อการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยี การเพิ่มจำนวนของประชากร การเปลี่ยนแปลงของสังคม และเศรษฐกิจที่มีการปรับเปลี่ยนให้เน้นการบริการมากขึ้น ระบบการศึกษาทั่วโลกจึงได้ตระหนักและเห็นความสำคัญที่ผู้เรียนต้องมีทักษะที่จำเป็นสำหรับการใช้ชีวิตในโลกยุคปัจจุบันที่เป็นโลกแห่งศตวรรษที่ 21 จึงได้ตั้งเป้าหมายให้กับนักเรียนว่าต้องไม่เพียงแต่มีความรู้ความเข้าใจเท่านั้น แต่ยังต้องมีความสามารถทางสังคม และอารมณ์ด้วย (สุทธิวรณ ตันติรจนาวงศ์, 2560)

คณะกรรมการแรงงานแห่งสหรัฐอเมริกาว่าด้วยการบรรลุทักษะที่จำเป็น (Secretary of Labor's Commission on Achieving Necessary Skills: SCANS) สมาคมวิทยาลัยและมหาวิทยาลัยแห่งอเมริกา นักวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีแมสซาชูเซตส์ (Massachusetts Institute of Technology: MIT) รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษาและภาคธุรกิจ และองค์กรเอกชนต่าง ๆ ได้รวมตัวกันและก่อตั้งเป็นเครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) หรือเรียกอีกชื่อว่า เครือข่าย P21 และได้พยายามวิจัยในเรื่องทักษะและความสามารถเฉพาะบุคคล เพื่อนำมาวิเคราะห์และใช้พิจารณากำหนดเป็นทักษะที่มีความจำเป็นสำหรับคนรุ่นปัจจุบันและรุ่นต่อไป จากการศึกษาค้นคว้าข้อมูลของ P21 ได้ระบุว่า ทักษะอันดับต้น ๆ ที่หลายบริษัทในสหรัฐอเมริกาต้องการไม่ใช่ทักษะการอ่าน การเขียน และการคิดเลขเป็นเพียงเท่านั้น แต่คือทักษะของการทำงานเป็นทีม การแก้ปัญหา การคิดเชิงวิพากษ์ และทักษะระหว่างบุคคล ที่มีความจำเป็นอย่างมากต่อความสำเร็จในการทำงาน จนก่อให้เกิดเป็นทักษะใหม่แห่งอนาคตสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ขึ้นมา (Partnership for 21st Century Learning, 2009)

## 2. กรอบแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Framework for 21<sup>st</sup> Century Learning)

การเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มีนักวิชาการและองค์กรสำคัญต่าง ๆ ได้กำหนดและพัฒนากกรอบแนวคิดสำหรับใช้เป็นเครื่องมือในการกำหนดทิศทางการศึกษาในโลกอนาคต ดังนี้



ภาพ 4 กรอบแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ที่มา: Partnership for 21st Century Learning, 2019

กรอบแนวคิดแรกที่ผู้วิจัยต้องการนำเสนอคือกรอบแนวคิดการเรียนรู้ของ P21 แสดงในภาพ 1 ซึ่งแสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของทักษะและความรู้ที่ผู้เรียนจะต้องมีในศตวรรษที่ 21 ได้ถูกพัฒนามาเพื่อใช้สำหรับการจัดการเรียนการสอนในยุคปัจจุบัน ซึ่งได้ถูกนำมาใช้ในแวดวงวิชาการและการศึกษาอย่างแพร่หลาย เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ ทักษะ และความเชี่ยวชาญที่จะประสบความสำเร็จในการทำงานและชีวิตในศตวรรษที่ 21 ได้ โดยกรอบแนวคิดการเรียนรู้ P21 ถูกใช้เป็นเครื่องมือสำหรับกำหนดคุณลักษณะที่สังคมประเทศชาติ และโลกต้องการ เป็นเสมือนการประกันความพร้อมของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ในโลกของการแข่งขัน และเป็นตัวที่กำหนดทิศทางให้หลายโรงเรียนในสหรัฐอเมริกาต่างประเทศรวมถึงประเทศไทยเองพัฒนาทักษะที่จำเป็นให้กับผู้เรียน อาทิ การคิดอย่างมี

วิจารณ์ญาณ การแก้ปัญหา การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน โดย P21 ได้แบ่งกรอบแนวคิดนี้เป็น 3 ส่วน (Partnership for 21st Century Learning, 2009) ได้แก่

- 2.1 วิชาแกน (Core Subject) ประกอบด้วย ภาษาอังกฤษ (English) การอ่าน (Reading) ศิลปะการใช้ภาษา (Language Arts) ภาษาสำคัญของโลก (World Languages) ศิลปะ (Arts) คณิตศาสตร์ (Mathematics) เศรษฐศาสตร์ (Economics) วิทยาศาสตร์ (Science) ภูมิศาสตร์ (Geography) ประวัติศาสตร์ (History) และการปกครองและหน้าที่พลเมือง (Government and Civics)
- 2.2 เนื้อหาวิชาการในระดับที่สูงในรูปแบบสหวิทยาการ (21<sup>st</sup> century interdisciplinary themes) เป็นเนื้อหาวิชาที่ต้องมีการบูรณาการเข้าไปในสาระเนื้อหาของ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้แกนหลักเพื่อใช้เป็นพื้นฐานความรู้ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย
  - 2.2.1 จิตสำนึกต่อโลก (Global Awareness) คือ การทำความเข้าใจประเด็นสำคัญและแก้ไขปัญหาในระดับโลก การเรียนรู้และทำงานร่วมกับผู้อื่น เข้าใจและยอมรับความหลากหลายทางวัฒนธรรม ศาสนา ภาษา เชื้อชาติและวิถีชีวิต
  - 2.2.2 ความรู้พื้นฐานด้านการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ (Financial, Economics, Business and Entrepreneurial Literacy) คือ การรู้โอกาสทางเศรษฐกิจ เข้าใจบทบาทของเศรษฐกิจในสังคม และมีทักษะการเป็นผู้ประกอบการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานและการเลือกในอนาคต
  - 2.2.3 ความรู้พื้นฐานด้านพลเมือง (Civil Literacy) คือ การมีส่วนร่วมในชีวิตพลเมือง การทำความเข้าใจในกระบวนการของรัฐบาล การใช้สิทธิและหน้าที่ของการเป็นพลเมืองทั้งในระดับท้องถิ่น ประเทศ และระดับโลก และการทำความเข้าใจกับผลกระทบของการตัดสินใจของพลเมือง
  - 2.2.4 ความรู้พื้นฐานด้านสุขภาพ (Health Literacy) คือ การรับรู้ ตีความ และทำความเข้าใจข้อมูลสุขภาพพื้นฐานและบริการด้านสุขภาพต่าง ๆ รวมทั้งการใช้บริการดังกล่าวในลักษณะที่ส่งเสริมสุขภาพ ทำความเข้าใจกับการป้องกันสุขภาพกายและสุขภาพจิต และการทำความเข้าใจประเด็นด้านสาธารณสุขและความปลอดภัยในระดับประเทศและระดับสากล
  - 2.2.5 ความรู้พื้นฐานด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy) คือ การแสดงถึงความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม และการแสดงความรู้และความ

เข้าใจเกี่ยวกับผลกระทบของสังคมที่มีต่อโลกธรรมชาติ (เช่น การเติบโตของประชากร อัตราการใช้ทรัพยากร เป็นต้น)

## 2.3 ทักษะสำหรับศตวรรษที่ 21

### 2.3.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills)

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมได้รับการยอมรับ เนื่องจากเป็นทักษะที่เตรียมนักเรียนให้พร้อมสำหรับอนาคตเป็นตัวแบ่งความพร้อมของผู้เรียนเพื่อเข้าสู่โลกและสภาพแวดล้อมในการทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยมุ่งเน้นที่ความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ การสื่อสารและการทำงานร่วมกัน

- 1) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) เป็นการคิดสร้างสรรค์ โดยใช้เทคนิคการสร้างความคิดที่หลากหลาย มีการทำงานอย่าง สร้างสรรค์ รวมทั้งเป็นการพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดการใช้นวัตกรรม
- 2) การคิดเชิงวิพากษ์ และการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) แบ่งเป็น เหตุผลที่มีประสิทธิภาพ โดยใช้สถานการณ์ต่าง ๆ ตามความเหมาะสม วิเคราะห์และประเมินเหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ และแก้ปัญหาที่นำไปสู่แนวทางที่ดีขึ้น
- 3) การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน (Communication and Collaboration) การติดต่อสื่อสารอย่างชัดเจน โดยใช้ทักษะการสื่อสารด้วยวาจา การเขียน และการร่วมมือกับผู้อื่น แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ความสำคัญกับการบรรลุเป้าหมายเดียวกัน ซึ่งการพัฒนาการสื่อสารและการร่วมมือทำงานที่ได้ผลดีที่สุดคือการให้ผู้เรียนได้สื่อสารและร่วมมือทำงานกับผู้อื่นโดยตรง
- 4) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) ที่ปัจจุบันการเข้าถึงเทคโนโลยีและสื่อเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในเทคโนโลยีต่างๆ พลเมืองต้องสามารถแสดงการทำงานที่หลากหลาย ได้แก่
  - 4.1) ความรู้พื้นฐานด้านสารสนเทศ (Information Literacy) คือการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ข้อมูลอย่างถูกต้อง

4.2) ความรู้พื้นฐานด้านสื่อ (Media Literacy) คือการวิเคราะห์สื่อเพื่อทำความเข้าใจทั้งวิธีการและการสร้างข้อความสื่อ การสร้างผลิตภัณฑ์สื่อที่มีความเหมาะสม

4.3) ความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information, Communication and Technology Literacy, ICT) คือการใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5) ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) ซึ่งเป็นการพัฒนาทักษะการคิด ความรู้ สังคมและอารมณ์ ความสามารถใช้ชีวิตในโลกและสภาพแวดล้อมการทำงานที่ซับซ้อนในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว (Flexibility and Adaptability) ความคิดริเริ่มและการชี้นำตนเอง (Initiative and Self-direction) ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม (Social and cross-cultural interaction) การเพิ่มผลผลิตและความรู้รับผิดชอบ (Productivity and accountability) และความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ (Leadership and responsibility)

ในปี ค.ศ. 2003 ห้องวิจัยด้านการศึกษาระดับกลางตอนเหนือในประเทศสหรัฐอเมริกา (North Central Regional Educational Laboratory : NCREL) และกลุ่มเมทิริ (Metiri Group) ได้นำเสนอกรอบแนวคิดสำหรับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ชื่อว่า enGauge ซึ่งเป็นทักษะสำคัญที่ผู้เรียนจำเป็นต้องนำไปใช้ในการดำรงชีวิตในยุคดิจิทัล (พันธิการ์ วัฒนกุล และสุรศักดิ์ มั่งสิงห์, 2558) ดังนี้

ความรู้พื้นฐานในยุคดิจิทัล (Digital-Age Literacy) ประกอบด้วย

- ความรู้พื้นฐาน (Basic Literacy) โดยผู้เรียนต้องใช้ ภาษาสื่อสาร และสามารถคิดคำนวณในระดับที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิต และการทำงาน
- ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) ผู้เรียนต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการ แนวคิด และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อตัดสินใจและมีส่วนร่วมในสังคม และวัฒนธรรม
- ความรู้ทางเศรษฐศาสตร์ (Economic Literacy) ผู้เรียนสามารถระบุประเด็นทางเศรษฐศาสตร์ วิเคราะห์ปัจจัย และผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ สามารถรวบรวมและจัดระบบข้อมูลทางเศรษฐกิจได้

- ความรู้ด้านเทคโนโลยี (Technology Literacy) ผู้เรียนเข้าใจว่าเทคโนโลยีคืออะไร ทำงานอย่างไร มีประโยชน์อย่างไร และสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพและเกิด ประสพผลิได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ความรู้ทางทัศนศิลป์ (Visual Literacy) ในการตระหนักเห็นค่าของทัศนศิลป์
- ความรู้ทางข่าวสารข้อมูล (Information Literacy) เพื่อประเมินข้อมูลจากสื่อได้หลากหลายและสามารถใช้ข้อมูลข่าวสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ
- ความรู้ด้านพหุวัฒนธรรม (Multicultural Literacy) ผู้เรียนเห็นคุณค่าความเหมือน และความแตกต่างทางด้านวัฒนธรรมทั้งของตนเอง และผู้อื่น
- ความเข้าใจสังคมโลกและสังคม (Global Awareness)

#### ความคิดเชิงนวัตกรรม (Inventive Thinking)

- ความสามารถในการปรับตัวปรับกระบวนการคิดทัศนคติและพฤติกรรม (Adaptability/ Managing Complexity) ให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบันและอนาคตโดยคำนึงถึงองค์ประกอบที่มีความซับซ้อน
- ความสามารถในการนำตนเอง (Self-Direction) โดยกำหนดเป้าหมายที่สัมพันธ์กับการเรียนรู้วางแผนเพื่อบรรลุเป้าหมายซึ่งสามารถจัดการเวลาและภาระงาน ประเมิน คุณภาพการเรียนรู้และผลผลิตที่เกิดจากประสบการณ์การเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง
- ความใฝ่รู้ (Curiosity) โดยผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะเรียนรู้แสวงหาข้อมูลในเรื่องต่าง ๆ
- ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity)
- ความกล้าที่จะเสี่ยง (Risk-taking) ผู้เรียนกล้าที่จะเสี่ยงทำในสิ่งนี้อาจเกิดความผิดพลาด หรือแตกต่างจากความคิดเดิมที่เคยทำ กล้าที่จะเสนอความคิดที่แตกต่างจากคนอื่น
- ความคิดขั้นสูงและความมีเหตุมีผล (Higher-Order Thinking and Sound Reasoning) ผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการคิดวิเคราะห์เปรียบเทียบขยายความ ตีความประเมินผลและสังเคราะห์ในประเด็นทางวิชาการ และการแก้ปัญหา การสื่อสารที่มีประสิทธิผล (Effective Communication) ได้แก่
  - การทำงานเป็นทีมและการประสานงาน (Teaming and Collaboration)
  - ทักษะด้านมนุษยสัมพันธ์และมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Interpersonal Skills)

- ความรับผิดชอบเฉพาะส่วนตัวบุคคล (Personal Responsibility) โดยผู้เรียนต้องมีความรู้ที่ลึกซึ้ง และเป็นปัจจุบันเกี่ยวกับกฎหมาย ประเด็นทางจริยธรรมที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีเพื่อคุณภาพชีวิตในฐานะพลเมืองสมาชิกของครอบครัวและสังคม
  - ความรับผิดชอบต่อสังคมและความมีหน้าที่เป็นพลเมือง (Social and Civic Responsibility) ซึ่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสาธารณะ
  - การติดต่อสื่อสารระหว่างบุคคล (Interactive Communication) โดยผ่านเครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบันอย่างหลากหลาย
- การมีผลผลิตที่มีคุณภาพสูง (High Productivity) ได้แก่
- การจัดลำดับความสำคัญในการวางแผน และการบริหารเพื่อผลลัพธ์ (Prioritizing, Planning and Managing for Results) เพื่อให้เกิดการบรรลุเป้าหมายของโครงการ อย่างมีประสิทธิภาพ
  - การใช้เครื่องมือในยุคปัจจุบันอย่างมีประสิทธิภาพ (Effective Use of Real-World Tools) โดยผู้เรียนสามารถใช้เครื่องมือในยุคปัจจุบันเพื่อ การสื่อสารการประสานงานให้งานบรรลุผล
  - ความสามารถในการสร้างผลงานที่มี คุณค่า และผลงานมีคุณภาพสูง (Ability to Produce Relevant, High-Quality Products) เกิดการตอบสนองต่อเป้าหมายที่แท้จริง และเกิดผลจากการใช้เครื่องมือในยุคปัจจุบันเพื่อให้เกิดความก้าวหน้าในตนเองหรือความเข้าใจของผู้อื่น

ใน ค.ศ. 2005 องค์การเพื่อความร่วมมือทางเศรษฐกิจและการพัฒนา (Organisation for Economic Co-operation and Development: OECD) ได้จัดทำกรอบแนวคิดของทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ไว้ดังนี้

- ความสามารถในการใช้เครื่องมืออย่างมีประสิทธิภาพ (Using Tools Interactively) ซึ่งผู้เรียนสามารถใช้ภาษา สัญลักษณ์ ข้อความ ความรู้และข้อมูลและเทคโนโลยีในการโต้ตอบกัน
- ความสามารถด้านปฏิสัมพันธ์กับกลุ่มที่หลากหลาย (Interacting in Heterogeneous Groups) โดยผู้เรียนมีสัมพันธ์ดีกับผู้อื่น สามารถร่วมมือทำงานเป็นทีม และจัดการและแก้ไขข้อขัดแย้งได้

- ความสามารถในการโต้ตอบอย่างอิสระ (Acting Autonomously) โดยผู้เรียนคำนึงถึงภาพรวม การวางแผนและได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้ และสามารถปกป้องสิทธิผลประโยชน์ ข้อจำกัดและความต้องการได้

ในปี ค.ศ. 2007 สมาคมเอเชียเซีย (American Association of Colleges and Universities: AACU) ได้พัฒนากรอบแนวคิดของทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่ผู้สำเร็จการศึกษาระดับอุดมศึกษาควรได้รับ (พันธิการ์ วัฒนกุล และสุรศักดิ์ มั่งสิงห์, 2558) ได้แก่

- ความรู้เกี่ยวกับวัฒนธรรมและกายภาพของมนุษย์และธรรมชาติของโลก (Knowledge of Human Cultures and the Physical and Natural World) ซึ่งผู้เรียนต้องผ่านการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ สังคมศาสตร์ มนุษยศาสตร์ ประวัติศาสตร์ ภาษา และศิลปะ
- ทักษะทางปัญญาและการปฏิบัติ (Intellectual and Practical Skills) ประกอบด้วย การสอบถามและการวิเคราะห์ (Inquiry and analysis) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและความคิดสร้างสรรค์ (Critical and creative thinking) การเขียนและการสื่อสาร (Written and oral communication) การรู้เรื่องเชิงปริมาณ (Quantitative literacy) การรู้สารสนเทศ (Information literacy) และการทำงานเป็นทีมและการแก้ปัญหา (Teamwork and problem solving)
- การรับผิดชอบตนเองและสังคม (Personal and Social Responsibility) ประกอบด้วย ความรู้และการมีส่วนร่วมของพลเมืองระดับท้องถิ่นและระดับโลก (Civic knowledge and engagement local and global) ความรู้และความสามารถระหว่างวัฒนธรรม (Intercultural knowledge and competence) การใช้เหตุผลและการกระทำอย่างมีจริยธรรม (Ethical reasoning and action) และพื้นฐานและทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Foundations and skills for lifelong learning)

นอกจากนี้สำนักงานการชาชาวไทยได้สังเคราะห์ทักษะของคนในศตวรรษที่ 21 ที่ควรได้รับการเรียนรู้ตั้งแต่ชั้นอนุบาลไปจนถึงระดับอุดมศึกษา และตลอดชีวิตคือ 3R X 7C ได้แก่

3R คือ Reading (อ่านออก), (W) Riting (เขียนได้) และ (A) Rithmetics (คิดเลขเป็น) 7C ได้แก่ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ (Cross-cultural Understanding) ทักษะด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ (Collaboration,

Teamwork and Leadership) ทักษะด้านการสื่อสารสารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ (Communications, Information and Media literacy) ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Computing and ICT Literacy) และทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ (Career & Learning Skills) (วิจารณ์ พานิช, 2558)

วิจารณ์ พานิช (2556) ได้กล่าวในการบรรยายพิเศษเรื่อง “วิธีสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21” และได้นำทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 จากภาพที่ 1 มาแบ่งออกเป็น 3Rs + 8Cs + 2Ls ซึ่งเป็นการเรียนรู้ตลอดชีวิต โดยมีรายละเอียดดังนี้

3R ได้แก่ Reading (อ่านออก), (W)riting (เขียนได้) และ (A)rithmetics (คิดเลขเป็น) ซึ่งการอ่านออกเพียงอย่างเดียวเป็นทักษะที่ไม่เพียงพอจะต้องปลูกฝังให้ผู้เรียนเกิดนิสัยรักการอ่าน มีความสนุกในการอ่านและการจับใจความ และทักษะการเขียนได้อย่างเดียวก็ไม่เพียงพออีกต่อไป ผู้เรียนต้องสามารถเขียนสื่อความหมายและย่อความได้ อีกทั้งต้องมีการวิธีเขียนที่หลากหลาย สอนการคิดเลขเป็นต้องไม่ใช่แค่เพียงคิดเลข แต่ผู้เรียนต้องเรียนให้ทักษะการคิดแบบนามธรรม (Abstract thinking)

8C คือ กลุ่มทักษะที่สำคัญและจำเป็นที่แจกแจงมาจากภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในศตวรรษที่ 21 ซึ่งแต่ละ C จะเป็นทักษะเชิงชอน และสัมพันธ์กับ C ตัวอื่นซึ่งมีความจำเป็นและสามารถปรับใช้ได้กับทุกรายวิชา ได้แก่ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ ทักษะด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ ทักษะด้านการสื่อสารสารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร และทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้ และทักษะการเปลี่ยนแปลง (Change)

2L ได้แก่ ทักษะการเรียนรู้ (Learning Skills) และภาวะผู้นำ (Leadership)

จากการศึกษาความหมายและกรอบแนวคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ทำให้สามารถสรุปได้ว่าทักษะในศตวรรษที่ 21 เป็นทักษะที่ถูกกำหนดขึ้นเพื่อเป็นกรอบแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนที่ต้องเติบโตและใช้ชีวิตในศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีความจำเป็นในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในปัจจุบัน โดยผู้วิจัยยึดกรอบแนวคิดตามเครือข่ายองค์กรความร่วมมือเพื่อทักษะแห่งการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 หรือ P21 เนื่องจากเป็นกรอบแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับในวงกว้าง สามารถอธิบายทักษะได้ครอบคลุมกว่าแนวคิดขององค์กรอื่น ๆ ซึ่งเป็นกรอบแนวคิดที่เน้นผลลัพธ์ที่เกิดกับผู้เรียน ทั้งในด้านความรู้สาระวิชาแกน (Core Subjects) เนื้อหาวิชาการในระดับที่สูงในรูปแบบสหวิทยาการ (21st century

interdisciplinary themes) และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่จะช่วยผู้เรียนได้เตรียมความพร้อมในหลายด้านเพื่อพร้อมต่อการใช้ชีวิตและการทำงานในยุคศตวรรษที่ 21 โดยทักษะในศตวรรษที่ 21 ตาม P21 ประกอบด้วย ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี และทักษะชีวิตและการทำงาน โดยผู้วิจัยได้ศึกษาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

### 3. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation)

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเป็นทักษะพื้นฐานที่ทุกคนต้องเรียน ซึ่งจัดได้ว่าเป็นทักษะที่ใช้ในการเตรียมความพร้อมในการทำงานและการใช้ชีวิตของคนในปัจจุบัน เป็นหัวใจสำคัญของทักษะทั้งหมด ซึ่งมีนักวิชาการได้ให้ความหมาย ไว้ดังนี้

วิจารณ์ พานิช (2555) กล่าวว่า ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) หมายถึง ทักษะพื้นฐานที่มนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ที่ทุกคนต้องเรียน เพราะโลกมีการเปลี่ยนแปลงพลวัตซับซ้อนมากขึ้น ผู้ที่ไม่มีทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะเป็นบุคคลที่ตามโลกไม่ทัน ส่งผลให้การใช้ชีวิตยากลำบากมากขึ้น ประกอบด้วยทักษะย่อย ได้แก่ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) และการแก้ปัญหา (Problem solving) การสื่อสาร (Communication) และความร่วมมือ (Collaboration) ความริเริ่มสร้างสรรค์ (Creativity) และนวัตกรรม (Innovation)

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถของผู้เรียนในการใช้วิธีการ กระบวนการเรียนรู้ต่างๆ เพื่อแสวงหาความรู้ที่หลากหลายทั้งด้วยตนเองหรือการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น จนเกิดการสร้างสรรค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่งผลให้สามารถนำองค์ความรู้ที่ได้รับมาบูรณาการอย่างสร้างสรรค์จนเกิดการสร้างหรือพัฒนาเป็นนวัตกรรมในรูปแบบของสิ่งประดิษฐ์ที่มีความใหม่ แปลกแตกต่างไปจากเดิมได้อย่างชำนาญ เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงหรือตอบสนองต่อความต้องการของกลุ่มตัวอย่างได้ (ประทีป คงเจริญ, 2564)

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หมายถึง ทักษะพื้นฐานที่มนุษย์ในศตวรรษที่ 21 ทุกคนต้องมี เพราะเป็นทักษะที่มีความจำเป็นในการเรียนรู้และการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ซึ่งผู้สอนจะต้องจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียน ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมประกอบด้วย การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ไขปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) การสื่อสารและการร่วมมือ (Communication and Collaboration) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) (สิทธิพล อาจอินทร์ และคณะ, 2562)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสามารถสรุปความหมายของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมได้ว่าเป็นพฤติกรรมหรือความสามารถที่ผู้เรียนแสดงออกมาโดยการใช้กระบวนการหรือวิธีการต่าง ๆ ในการแสวงหาความรู้ และนำความรู้นั้นมาใช้ในการสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีความแปลกใหม่ แปลกแตกต่างไปจากเดิมเพื่อแก้ไขปัญหา เป็นทักษะพื้นฐานที่เป็นตัวกำหนดความพร้อมของนักเรียนของการทำงานที่มีความซับซ้อนในโลกยุคศตวรรษที่ 21 ซึ่งผู้ที่ไม่มีทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรมจะทำให้การใช้ชีวิตและการทำงานยากลำบากมากขึ้น ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมประกอบด้วย การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ไขปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ และความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

#### 4. ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ตกรวมไว้หลากหลาย ซึ่งมีความหมายที่ใกล้เคียงกัน ดังนี้

ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม หมายถึง การประยุกต์ใช้จินตนาการและการประดิษฐ์ (วิจารณ์ พานิช, 2555)

เบญจวรรณ ธนอมชยธวัช และคณะ (2559) ได้อธิบายความหมายของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ว่าเป็นการสร้างสรรค์สิ่งต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์ เข้าใจวิธีการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสามารถนำข้อผิดพลาดมาปรับปรุงแก้ไข และพัฒนางานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างคุณค่าทางความคิด มีความละเอียดรอบคอบต่อการคิดวิเคราะห์และประเมินแนวความคิดเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงพัฒนางานในเชิงสร้างสรรค์และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

พลธร วงศ์ชาติรี (2562) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือการสร้างความคิดที่หลากหลาย มีกระบวนการคิดที่ได้มาจากหลายวิธีการ สร้างความคิดที่ทั้งเป็นความคิดเสริมจากเดิม และความคิดก้าวหน้าใหม่ ๆ สามารถวิเคราะห์และประเมินแนวคิดของตนเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาการสร้างสรรค์นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มากขึ้น การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ สื่อสารความคิดใหม่ ๆ ประยุกต์นำความคิดริเริ่มไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่องานทำให้ผลงานนั้นเป็นนวัตกรรม สามารถนำนวัตกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมที่ผู้วิจัยได้ศึกษาทำให้สามารถสรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creative and Innovation) เป็นความสามารถในการคิดที่หลากหลาย กว้างไกล หรือดัดแปลงและปรับปรุงจากของเดิมที่มีอยู่ โดยเป็นความคิดที่ได้มาจากการใช้เทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย ผ่านการสื่อสาร

การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งเป็นความคิดที่ผ่านการวิเคราะห์และประเมินค่าก่อให้เกิดการสร้าง ปรับปรุง และพัฒนาเพื่อออกแบบที่นำไปสู่การสร้างผลงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

## 5. องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้นักการศึกษาหลายท่านทั้งต่างประเทศและในประเทศได้แบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล (2562) ได้ระบุว่าความคิดสร้างสรรค์นั้นเป็นพื้นฐานของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สามารถแบ่งองค์ประกอบหลักไว้ 3 ประการ ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ (Think creatively)

- 1.1) มองเห็นโอกาสมากกว่าปัญหา
- 1.2) ริเริ่มสิ่งใหม่ๆ ที่เป็นประโยชน์
- 1.3) ใช้วิธีการคิดและมุมมองอย่างหลากหลาย
- 1.4) ทำงานด้วยวิธีการหลากหลายและยืดหยุ่น
- 1.5) ประเมินและปรับเปลี่ยนความคิดของตนเอง

### 1) การทำงานร่วมกับบุคคลอื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work creatively with others)

- 2.1) เคารพความคิดของคนอื่น
- 2.2) เปิดรับความคิดเห็นใหม่ๆ ที่ทันสมัย
- 2.3) นำเสนอความคิดของตนเองกับผู้อื่น
- 2.4) แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับบุคคลอื่นอยู่เสมอ
- 2.5) ทำงานร่วมกับบุคคลอื่นด้วยความร่วมมือร่วมใจ

### 2) การสร้างนวัตกรรมให้เกิดผลสำเร็จ (Implement innovation)

- 3.1) วางแผนพัฒนานวัตกรรมอย่างเป็นระบบ
- 3.2) พัฒนานวัตกรรมและประเมินระหว่างการพัฒนา
- 3.3) ประเมินสรุปประสิทธิผลของนวัตกรรมที่พัฒนา
- 3.4) ปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องของนวัตกรรมให้ดีขึ้น
- 3.5) ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสื่อสารนวัตกรรมสู่สังคม

Catalina Foothills School District (2018) ได้กำหนดพฤติกรรมของผู้เรียนที่บ่งชี้ถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไว้ 6 พฤติกรรม ได้แก่

- การสร้างความคิด (Idea Generation)
- การออกแบบและการปรับแต่งความคิด (Idea Design and Refinement)

- การเปิดกว้างและความกล้าในการสำรวจ (Openness and Courage to explore)
- การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Working Creatively with Others)
- การผลิตและสร้างนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ (Creative Production and Innovation)
- การควบคุมและการสะท้อนตนเอง (Self-Regulation and Reflection)

Anthony (2012) ได้อธิบายถึงลักษณะของทักษะการสร้างนวัตกรรมไว้ว่าประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ได้แก่

- การค้นหาโอกาส
- การสร้างพิมพ์เขียวของความคิด
- การประเมินและทดสอบความคิด

Trilling Fadel (2009), Piirto (2011) และ Partnership for 21st Century Learning (2009) ได้กำหนดความสามารถของผู้เรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจะต้องประกอบด้วยพฤติกรรมบ่งชี้ดังต่อไปนี้

- การคิดอย่างสร้างสรรค์ (Think creativity)

ผู้เรียนต้องใช้เทคนิคการสร้างสรรค์ที่หลากหลาย เช่น การระดมความคิด (Brainstorming) มีการสร้างแนวความคิดที่แปลกใหม่ มีความละเอียด ต้องวิเคราะห์และประเมินความคิดของตนเองเพื่อปรับปรุงและพัฒนาผลงานที่สร้างสรรค์

- การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work creatively with others)

ผู้เรียนสามารถสื่อสารความคิดใหม่ ๆ ให้กับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ เปิดกว้างและตอบสนองต่อมุมมองใหม่ แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานและความเข้าใจโลกแห่งความเป็นจริง มองความล้มเหลวเป็นโอกาสในการเรียนรู้ เข้าใจว่าความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นกระบวนการระยะยาวที่เป็นวัฏจักรของความสำเร็จและมีความผิดพลาดบ้าง

- การสร้างนวัตกรรม (Implement innovations)

ผู้เรียนสามารถดำเนินการตามความคิด เพื่อสร้างผลงานที่เป็นรูปธรรมและเป็นประโยชน์

Partnership for 21st Century Learning (2009) ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังตาราง 2

ตาราง 2 เกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมตามกรอบแนวคิดของ Partnership for 21st Century Learning (2009)

| ระดับคุณภาพ                                                                                                        |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                           |                                                                                            |                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| คุณลักษณะบ่งชี้                                                                                                    | ระดับคุณภาพ                                                                                                                                            |                                                                                                                                           |                                                                                            |                                            |
|                                                                                                                    | 4<br>ดีมาก                                                                                                                                             | 3<br>ดี                                                                                                                                   | 2<br>พอใช้                                                                                 | 1<br>ปรับปรุง                              |
| <b>ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking)</b>                                                                       |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                           |                                                                                            |                                            |
| 1. ใช้เทคนิคการสร้างสรรค์<br>ความคิดที่หลากหลาย<br>(การระดมความคิด ฯลฯ)                                            | มีส่วนร่วมอย่างเต็มที่ในการใช้เทคนิค<br>การสร้างความคิดที่หลากหลายโดย<br>เสนอคำถามเชิงลึกและรับฟังผู้อื่นใน<br>กลุ่มเป็นอย่างดี                        | มีส่วนร่วมในเทคนิคการสร้าง<br>ความคิดโดยการเสนอความ<br>คิดเห็น                                                                            | ไม่ได้เสนอแนวคิดระหว่างการ<br>สร้างความคิด แต่รับฟัง<br>สมาชิกกลุ่มคนอื่นๆ เป็นอย่าง<br>ดี | ไม่ได้มีส่วนร่วมในการ<br>สร้างสรรค์ความคิด |
| 2. สร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ ที่<br>คุ้มค่า                                                                           | พัฒนาแนวคิดใหม่และมีความอย่าง<br>ต่อเนื่องโดยใช้ความรู้เดิมและความรู้<br>ใหม่ตลอดจนทรัพยากรที่มีอยู่                                                   | พัฒนาความคิดใหม่และมีความ<br>โดยใช้ทั้งความรู้เดิมที่มีอยู่และ<br>ความรู้ใหม่ตลอดจนทรัพยากรที่มี<br>อยู่                                  | พัฒนาแนวคิดใหม่และมี<br>คุณค่าโดยใช้ความรู้และ<br>ทรัพยากรที่มีอยู่                        | ไม่พยายามพัฒนาความคิด<br>ใหม่ๆ ที่มีความ   |
| 3. บรรจง ขัดเกลา วิเคราะห์<br>และประเมินความคิดของ<br>ตนเอง เพื่อปรับปรุงและ<br>เพิ่มความพยายามในการ<br>สร้างสรรค์ | สะท้อนความคิดของตัวเองอย่าง<br>ครอบคลุม มีความพยายาม<br>สร้างสรรค์ที่แสดงให้เห็นถึงความ<br>เข้าใจในคุณค่าของการวิเคราะห์และ<br>การดำเนินการเปลี่ยนแปลง | สะท้อนความคิดของตัวเอง มี<br>ความพยายามสร้างสรรค์ที่แสดง<br>ให้เห็นถึงความเข้าใจในคุณค่า<br>ของการวิเคราะห์และการ<br>ดำเนินการเปลี่ยนแปลง | สะท้อนความคิดของตนเอง<br>และพยายามสร้างสรรค์เพื่อ<br>ปรับปรุงคุณค่าของงาน                  | พยายามที่จะสะท้อน<br>ความคิดของตัวเอง      |

ตาราง 2 (ต่อ)

| ระดับคุณภาพ                                                                                                                |                                                                                   |                                                                |                                                              |                                                                                       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| คุณลักษณะพึงชี้                                                                                                            | 4                                                                                 |                                                                |                                                              |                                                                                       |
|                                                                                                                            | ดีมาก                                                                             | ดี                                                             | พอใช้                                                        | ปรับปรุง                                                                              |
| การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others)                                                        |                                                                                   |                                                                |                                                              |                                                                                       |
| 1. พัฒนา นำไปใช้ และสื่อสารความคิดใหม่ให้ผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ                                                         | พัฒนา นำไปใช้ และสื่อสารความคิดใหม่ให้ผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพหลากหลาย           | พัฒนา นำไปใช้ และสื่อสารแนวคิดใหม่ให้ผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ | พัฒนา นำไปใช้ และพยายามสื่อสารความคิดใหม่ให้ผู้อื่น          | พัฒนาความคิดใหม่ แต่ไม่สามารถนำไปใช้หรือสื่อสารความคิดกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ |
| 2. เปิดกว้างทางความคิดและตอบสนองต่อมุมมองใหม่และหลากหลาย มีการรับข้อมูลของกลุ่มและให้ข้อเสนอแนะกลับไปได้                   | รับฟังความคิดเห็นที่หลากหลายอย่างสม่ำเสมอและทั่วถึงและนำไปใช้ในการทำงานได้        | สามารถรับฟังความคิดเห็นที่หลากหลายและนำไปใช้ในการทำงานได้      | รับฟังความคิดเห็นที่หลากหลายแต่ไม่นำไปใช้กับงาน              | ไม่ฟังความคิดเห็นผู้อื่น                                                              |
| 3. แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานและเขาเป็นจริงในโลกแห่งความเป็นจริงในการนำความคิดใหม่ ๆ มาใช้ | แสดงความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่องและมีความเข้าใจในขอบเขตของสถานการณ์ที่หลากหลาย | แสดงความคิดสร้างสรรค์และมีความเข้าใจในขอบเขตของสถานการณ์       | แสดงความคิดสร้างสรรค์ แต่ไม่มีความเข้าใจในขอบเขตของสถานการณ์ | ไม่แสดงความคิดสร้างสรรค์                                                              |

ตาราง 2 (ต่อ)

| ระดับคุณภาพ                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                |                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| คุณลักษณะพึงชี้                                                                                                                                                                           | ระดับคุณภาพ                                                                                                                                                            |                                                                                                                 |                                                                |                                                                       |
|                                                                                                                                                                                           | 4<br>ดีมาก                                                                                                                                                             | 3<br>ดี                                                                                                         | 2<br>พอใช้                                                     | 1<br>ปรับปรุง                                                         |
| การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others)                                                                                                                       |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                |                                                                       |
| 4. มองความล้มเหลวเป็นโอกาสในการเรียนรู้ เขาใจว่าความคิดสร้างสรรค์และความล้มเหลวสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นกระบวนการระยะยาวที่เป็นวัฏจักรของความล้มเหลวเล็ก ๆ น้อย ๆ และความผิดพลาดบ่อยครั้ง | ยอมรับแนวคิดที่ว่าการพยายามหรือทดลองว่าเป็นส่วนสำคัญของการทดลองว่าเป็นพยายามหรือการทดลองว่าส่วนสำคัญของคุณของเส้นทางสู่ความสำเร็จและเข้าใจว่าอาจมีความล้มเหลวหลายครั้ง | เข้าใจถึงความสำคัญของการพยายามหรือการทดลองว่าเป็นส่วนสำคัญของคุณของเส้นทางสู่ความสำเร็จ แต่ไม่เข้าใจความล้มเหลว | เข้าใจถึงความสำคัญของคุณของเส้นทางสู่ความสำเร็จได้             | ไม่เข้าใจความล้มเหลวเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการที่น่าไปสู่ความสำเร็จได้ |
| การสร้างนวัตกรรม (Implement Innovations)                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                        |                                                                                                                 |                                                                |                                                                       |
| 1. ดำเนินการตามความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างผลงานที่เป็นรูปธรรมและเป็นประโยชน์                                                                                                              | พัฒนาและใช้ความคิดสร้างสรรค์อย่างต่อเนื่องเพื่อสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์                                                                                               | พัฒนาและนำความคิดสร้างสรรค์มาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์กับงานจริง                                               | พัฒนาความคิดสร้างสรรค์แต่ไม่มากประยุกต์ใช้ในเกิดประโยชน์กับงาน | พยายามที่จะพัฒนาความคิดสร้างสรรค์                                     |

ดังนั้นจากการศึกษาความหมายและส่วนประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าคุณสมบัติสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) เป็นความสามารถในการคิดที่หลากหลาย กว้างไกล หลายแง่มุมที่แตกต่างไปจากเดิม หรือดัดแปลงและปรับปรุงจากของเดิมที่มีอยู่ โดยเป็นความคิดที่ได้มาจากการใช้เทคนิคหรือวิธีการที่หลากหลาย ผ่านการสื่อสาร การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและการทำงานร่วมกับผู้อื่น ซึ่งเป็นความคิดที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์และประเมินค่าก่อให้เกิดการสร้าง ปรับปรุง และพัฒนาเพื่อออกแบบที่นำไปสู่การสร้างผลงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ประกอบด้วยพฤติกรรมข้อที่ 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการสร้างนวัตกรรม ตามแนวความคิดของ Partnership for 21st Century Learning (2009) เนื่องจากเป็นองค์กรที่เป็นผู้กำหนดกรอบการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (Framework for 21st Century Learning) และได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในสถานศึกษาที่สหรัฐอเมริกาและหลายประเทศ รวมทั้งนักวิชาการศึกษาทั้งในและต่างประเทศ

## 6. แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนับเป็นการคิดขั้นสูง และซับซ้อน ซึ่งเป็นความสามารถทางสมองเฉพาะบุคคล ไม่สามารถวัดได้หรือมองเห็นได้ชัดเจน แต่ได้มีนักการศึกษาหลายท่านศึกษาการและพัฒนการวัดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมไว้ ดังนี้

- 6.1 การสังเกต หมายถึง การเฝ้าดู การสังเกตพฤติกรรมของบุคคลที่แสดงออกในเชิงสร้างสรรค์ Abraham (1927) อ้างใน สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (2560) ได้ศึกษาความคิดจินตนาการโดยวิธีการสังเกตพฤติกรรม การเล่น การทำกิจกรรม การเลียนแบบ การทดลอง การแสดงละคร การใช้คำอธิบายและบรรยายให้เห็นภาพชัดเจน การเล่นเกม การแต่งเรื่องใหม่ ตลอดจนพฤติกรรมที่แสดงความรู้สึกซาบซึ้งต่อความงาม
- 6.2 การวาดภาพ หมายถึง การวาดภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดซึ่งเป็นการถ่ายทอดความคิดสร้างสรรค์ออกมาเป็นรูปธรรม และสามารถสื่อความหมายได้ สิ่งเร้าที่กำหนดอาจเป็นวงกลม สีเหลี่ยมผืนผ้าเส้นเปิดและให้วาดต่อเติมให้เป็นภาพที่สมบูรณ์ตามจินตนาการของตน ซิมป์สัน (Simpson, 1927 อ้างใน สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2560) ได้วัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้จุดวงกลมเล็ก ๆ 40 จุด จำนวน 50 ชุด เป็นสิ่งเร้าและให้วาดจากสิ่งเร้าที่กำหนด แล้วพิจารณาจากความคิดคล่องแคล่ว ความคิดริเริ่ม และความคิดยืดหยุ่นจากภาพที่วาด
- 6.3 รอยหยดหมึก หมายถึง การให้เด็กดูภาพรอยหยดแล้วคิดตอบจากภาพที่เด็กเห็น มักใช้เด็กวัยประถมศึกษา เพราะเด็กสามารถอธิบายได้ดี (อารี พันธมณี, 2537)
- 6.4 การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้เขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนดและการประเมินจากศิลปะ นักจิตวิทยามีความเห็นสอดคล้องกันว่าวัยประถมศึกษาเป็นช่วงวิกฤติของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความสนใจการเขียนเชิงสร้างสรรค์โดยการแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ในงานศิลปะจากการศึกษาประวัติบุคคลสำคัญของนักประดิษฐ์ นักวิทยาศาสตร์เอกของโลก ล้วนแล้วแต่เป็นบุคคลที่แสดงแนวสร้างสรรค์ด้วยการประดิษฐ์ สร้างผลงานชิ้นแรกเมื่ออยู่ในวัยประถมศึกษาเป็นส่วนใหญ่
- 6.5 การทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐาน เป็นเครื่องมือในการวัดพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ที่เป็นระบบ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มีทั้งใช้ภาษาเป็นสื่อ และที่ใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งช่วยให้ได้ข้อมูลที่ใกล้เคียง และถูกต้องกับความเป็นจริงมากขึ้น

จากการศึกษาแนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจึงสามารถสรุปได้ว่าสามารถใช้ได้หลากหลายวิธี ได้แก่ การสังเกต การวาดภาพ ร้อยหยดหมึก การเขียนเรียงความและงานศิลปะ การทดสอบ ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้การทดสอบในการวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียน เนื่องจากการทดสอบช่วยให้ได้ผลการวัดชัดเจนใกล้เคียงกับพัฒนาการและความสามารถจริงของผู้เรียน และมีความสอดคล้องกับการวัดและประเมินผลของวัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75

การทดสอบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมสามารถใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นเครื่องมือในการวัดความสามารถของผู้เรียน โดยมีนักวิชาการได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ไว้หลากหลาย ซึ่งผู้วิจัยได้นำมาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างเป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังนี้

#### 1) แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด

เป็นแบบทดสอบที่กิลฟอร์ดและคณะแห่งมหาวิทยาลัยแคลิฟอร์เนียตอนใต้คิดขึ้นเพื่อวัดความคิดกระจายโดยมุ่งวัดตัวประกอบในแต่ละเซลล์ตามโครงสร้างสมรรถภาพสมอง ซึ่งมี 3 มิติ คือเนื้อหาที่คิด (Content) วิธีการคิด (Operation) และผลิตผลแห่งความคิด (Product) ตามลำดับ ซึ่งแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 4 ชุด 11 ฉบับ โดยแบ่งออกเป็นทางด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ทางด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และโจทย์ปัญหา 1 ฉบับแบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาและผู้ใหญ่ (สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2560) ได้แก่

- 1.1) ความคล่องแคล่วในการใช้คำ (Word fluency, DSU) ให้เขียนคำประกอบด้วยตัวอักษรที่กำหนดให้
- 1.2) ความคล่องแคล่วทางการคิด (Ideational fluency, DMU) ให้เขียนชื่อสิ่งของที่อยู่ในพวกหรือประเภทเดียวกัน
- 1.3) ความคล่องแคล่วด้านเชื่อมโยง (Associational fluency, DMR) ให้เขียนคำต่าง ๆ ที่มีความหมายคล้ายคลึงกับคำที่กำหนดให้
- 1.4) ความคล่องแคล่วในการแสดงออก (Expressional fluency, DSS) ให้เขียนประโยคประกอบด้วยคำ 4 คำ ในแต่ละคำเริ่มต้นด้วยตัวอักษรที่กำหนดให้

- 1.5) การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (Alternate uses, DMC) ให้ออกประโยชน์อย่างอื่นของสิ่งเฉพาะที่กำหนดให้
  - 1.6) การสรุปผล (Consequence, DMU, DMC) ให้ออกเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นอันเป็นผลเนื่องจากเหตุการณ์สมมติฐานที่กำหนดให้
  - 1.7) ประเภทของงานอาชีพ (Possible jobs, DMI) ให้ออกรายชื่อของงานอาชีพต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับคำที่กำหนดให้
  - 1.8) การวาดรูป (Making objects, DFS) ให้วาดรูปสิ่งของเฉพาะโดยใช้เซตของรูปที่กำหนดให้
  - 1.9) การสเก็ตช์รูป (Sketches, DFU) ให้ต่อเติมให้เป็นรูปจากภาพร่างที่กำหนดให้
  - 1.10) แก้ปัญหา (Match problem, DFT) จากโจทย์ที่กำหนดให้
  - 1.11) การตกแต่ง (Decorations, DFI) ให้ตกแต่งรูปวาดเกี่ยวกับสิ่งของทั่วไปที่ร่างเอาไว้แล้วด้วยแบบที่แตกต่างกัน
- 2) แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอร์เรนซ์

ศาสตราจารย์ ดร.อี พอล ทอแรนซ์ แห่งมหาวิทยาลัยจอร์เจีย สหรัฐอเมริกา เป็นผู้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งมีทั้งแบบสำรวจ แบบทดสอบหลายรูปแบบ สำหรับแบบทดสอบของทอแรนซ์ได้พัฒนาขึ้นภายในขอบเขตและเนื้อหาทางการศึกษา ซึ่งเป็นโปรแกรมวิจัยระยะยาวที่เน้นเฉพาะในเรื่องประสบการณ์ในห้องเรียน ที่จะสนับสนุนและเร้าให้เด็กเกิดความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งแบบทดสอบของทอแรนซ์ที่นิยมมีดังต่อไปนี้ (สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน, 2560)

- 2.1) แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking Creatively With Pictures)

เป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่มี 2 แบบ คือ แบบ ก และแบบ ข เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่งทอแรนซ์ได้กำหนดสิ่งเร้าให้มีลักษณะคล้ายกัน มีจุดมุ่งหมายเดียวกัน แต่แตกต่างกันในสิ่งเร้าที่กำหนด เหมาะสำหรับนักเรียนชั้นอนุบาล – ระดับอุดมศึกษา แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 3 ชุด หรือ 3 กิจกรรม ดังนี้

- 2.1.1) กิจกรรมชุดที่ 1 การวาดภาพ (Picture Construction) โดยให้ผู้เรียนต่อเติมภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดเป็นกระดาษสติ๊กเกอร์สี่เหลี่ยมรูปไข่ ให้ผู้เรียนต่อเติมให้แปลกใหม่ น่าตื่นตาดู และน่าสนใจที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แล้วให้ตั้งชื่อภาพที่วาดแล้วให้แปลกที่สุด

- 2.1.2) กิจกรรมชุดที่ 2 การต่อเติมภาพให้สมบูรณ์ (Picture Completion) โดยให้ผู้เรียนต่อเติมจากภาพสิ่งเร้าที่กำหนดรูปเส้นให้ลักษณะต่าง ๆ มีจำนวน 10 ภาพ เป็นการต่อเติมภาพให้แปลก น่าสนใจ และน่าตื่นเต้นที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แล้วตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมเสร็จแล้วให้แปลก และน่าสนใจ
- 2.1.3) กิจกรรมชุดที่ 3 การใช้เส้นคู่ขนาน (Parallel Line) โดยให้ผู้เรียนต่อเติมภาพจากเส้นคู่ขนาน จำนวน 30 คู่ เน้นการประกอบภาพโดยใช้เส้นคู่ขนานเป็นส่วนสำคัญของภาพ และต่อเติมภาพให้แปลกแตกต่างไม่ซ้ำกัน แล้วตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมแล้ว
- 2.2) แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking Creatively With Words)
- เป็นแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ที่มีลักษณะเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน มี 2 แบบ คือ แบบ ก และ แบบ ข แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ เหมาะสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาตอนปลาย – ระดับอุดมศึกษา ซึ่งแบบทดสอบนี้ประกอบไปด้วยกิจกรรมย่อย 7 กิจกรรม ดังนี้
- 2.2.1) กิจกรรมชุดที่ 1 การตั้งคำถาม โดยให้ผู้เรียนตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้ได้มากที่สุด และคำถามที่ตั้งนั้นต้องไม่เป็นคำถามที่สามารถตอบได้จากการดูรูป แต่ต้องตอบได้จากการคิด
- 2.2.2) กิจกรรมชุดที่ 2 การเดาสาเหตุ โดยให้ผู้เรียนเขียนสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่แสดงในรูปให้มากที่สุด (ภาพเดียวกับกิจกรรมที่ 1)
- 2.2.3) กิจกรรมชุดที่ 3 การเดาผลที่เกิดตามมา โดยให้ผู้เรียนเขียนผลที่อาจเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสาเหตุในภาพที่กำหนดให้ (ภาพเดียวกับกิจกรรมที่ 1)
- 2.2.4) กิจกรรมชุดที่ 4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น โดยให้ผู้เรียนดัดแปลงภาพตามที่กำหนดให้ โดยให้ความสวยงาม น่าสนใจ และเป็นของเล่นผู้เรียน โดยให้เขียนออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้
- 2.2.5) กิจกรรมชุดที่ 5 ประโยชน์ของสิ่งของ ให้ผู้เรียนเขียนรายชื่อสิ่งของที่น่าสนใจ และแปลก ๆ ที่ทำจากกล่องกระดาษมาให้มากที่สุด
- 2.2.6) กิจกรรมชุดที่ 6 การตั้งคำถามแปลก โดยให้ผู้เรียนตั้งคำถามที่แปลก เช่น ให้นักเรียนตั้งคำถามแปลก ๆ เกี่ยวกับกล่องกระดาษ

- 2.2.7) กิจกรรมชุดที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุผล โดยให้ผู้เรียนเขียนข้อสิ่งที่คิดหรือเดาว่าอะไรจะเกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้จากที่กำหนดให้ เช่น สมมติว่าก้อนเมฆมีเชือกผูก และปลายตรึงกับพื้นดินและจะเกิดอะไรขึ้น

## เจตคติ

### 1. ความหมายของเจตคติ

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเจตคติ ได้มีนักการศึกษาและผู้เชี่ยวชาญด้านการศึกษามากท่านให้ความหมายไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Thurstone (1967) กล่าวว่า เจตคติเป็นตัวแปรทางจิตวิทยาที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยง่าย แต่เป็นความโน้มเอียงหรือระดับในจิตภายใน แสดงออกให้เห็นโดยพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง และเจตคดียังเป็นความชอบ ไม่ชอบ ความคิดเห็น ความรู้สึก และความเชื่อมั่นในสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

Gagne (1977) กล่าวว่า เจตคติเป็นสภาพของบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการเลือกปฏิบัติของแต่ละบุคคล เจตคติไม่ได้กำหนดการปฏิบัติที่เฉพาะ แต่ทำให้กลุ่มการปฏิบัติของแต่ละบุคคลมีโอกาสเกิดขึ้นไปมากหรือน้อย ดังนั้นเจตคติจึงเป็นแนวโน้มของการตอบสนอง หรือความพร้อมในการตอบสนองของบุคคล

Good (1973) ได้ให้ความหมายของเจตคติว่าเป็นความพร้อมที่แสดงออกในลักษณะหนึ่ง อาจเป็นการเข้าหาหรือหนี หรือต่อต้านสถานการณ์บางอย่าง บุคคล หรือสิ่งใด ๆ เช่น รักเกลียด กลัว หรือไม่พอใจต่อสิ่งนั้น

สุพรรณษา กล้ารอด (2551) ได้กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกภายในของบุคคลที่แสดงออกมาในทางที่ชอบหรือไม่ชอบอันเป็นผลมาจากประสบการณ์เรียนรู้เกี่ยวกับสิ่งนั้น

บุญนาถ ภูกิจหิน (2554) กล่าวว่า เจตคติ (Attitude) หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ โดยจะแสดงออกทางบวก คือ เห็นชอบด้วยหรือสนับสนุน และในทางลบคือไม่เห็นชอบด้วยหรือไม่สนับสนุนหรือความรู้สึกเฉย ๆ ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

กมลรัตน์ นทีสินทรัพย์, ศุภษิกันต์ ลบบำรุง และพีรพงศ์ บุญฤกษ์ (2565) กล่าวว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกและท่าทีของบุคคลที่มีต่อสิ่งใด ๆ ในลักษณะที่สอดคล้องกับความรู้สึกหรือท่าทีนั้น

มาลีรัตน์ ภูเกิต, นวลจิตต์ เซาว์กัรติพงศ์ และสุพธิดา จำรัส (2562) กล่าวว่า เจตคติคือพฤติกรรมการเตรียมความพร้อมทางสมองในการที่จะกระทำซึ่งบ่งบอกถึงหน้าที่ของสภาวะจิตใจ หรือสภาพของอารมณ์ที่ซับซ้อนก่อนที่คนเราจะตัดสินใจอย่างใดอย่างหนึ่งในการเผชิญหน้าหรือแก้ปัญหา

จากความหมายของเจตคติจึงสามารถสรุปได้ว่า เจตคติ หมายถึง ตัวแปรทางจิตวิทยาที่เป็นความรู้สึกภายในของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งสามารถแสดงออกมาได้ 2 ลักษณะ คือการแสดงออกทางบวก ที่แสดงออกถึงความเห็นชอบ เห็นด้วย และอีกลักษณะคืออาการแสดงออกทางลบ ซึ่งแสดงลักษณะไม่เห็นชอบ ไม่เห็นด้วย หรือความรู้สึกเฉย ๆ ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

## 2. องค์ประกอบของเจตคติ

เจตคติประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ (อัจฉรา เปรมปรีดา, 2558 อ้างใน สุวรรณโณ ยอดเทพ, 2562)

- ด้านพุทธิปัญญา (Cognitive Component) คือ ความรู้สึกเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มนุษย์ใช้ในการตอบสนอง รับรู้ และวินิจฉัยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับ
- ด้านความรู้สึก (Affective Component) คือ ลักษณะทางอารมณ์ของบุคคลที่คล้อยตามความคิด ถ้าบุคคลมีความคิดที่ดีต่อสิ่งใดก็จะมีความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้น
- ด้านพฤติกรรม (Behavioral Component) คือ แนวโน้มของบุคคลที่จะกระทำสิ่งต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากความคิด ความรู้สึก ซึ่งแสดงออกมาในรูปของความประพฤติ โดยการยอมรับหรือปฏิเสธหรือเฉย ๆ และเป็นการกระทำที่สามารถสังเกตเห็นได้

Triandis (1971) ได้สรุปองค์ประกอบของเจตคติไว้ 3 ประการ ได้แก่

- องค์ประกอบด้านพุทธิปัญญา (Cognitive Component) เป็นองค์ประกอบทางด้านความรู้ ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้านั้น ๆ เพื่อเป็นเหตุผลในการที่จะสรุปรวมเป็นความเชื่อหรือช่วยประเมินผลสิ่งเร้านั้น
- องค์ประกอบด้านท่าที ความรู้สึก (Affective Component) เป็นส่วนทางด้านอารมณ์ความรู้สึก ซึ่งเป็นตัวเร้า ความคิดที่ต่อเนื่อง บุคคลมีภาวะความรู้สึกที่ดีหรือไม่ดี แสดงว่าบุคคลนั้นมีความรู้สึกในด้านบวกหรือลบความลำดับ
- องค์ประกอบทางด้านปฏิบัติ (Behavioral Component) เป็นความพร้อมหรือความโน้มเอียงเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้าในทิศทางที่สนับสนุนหรือคัดค้าน ขึ้นอยู่กับความเชื่อหรือความรู้สึกของบุคคล

นิพัทธ์ กิตติพัฒน์มนตรี (2560) กล่าวว่าองค์ประกอบของเจตคติมี 3 ประการ ได้แก่

- ด้านความคิด (Cognitive Component) หมายถึง การรับรู้และวินิจฉัยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับแสดงออกมาในแนวคิดที่ว่าอะไรถูก อะไรผิด
- ด้านความรู้สึก (Affective Component) หมายถึง ลักษณะทางอารมณ์ของบุคคลที่สอดคล้องกับความคิด เช่น ถ้าบุคคลมีความคิดในทางที่ไม่ดีต่อสิ่งใด ก็จะมีความรู้สึกที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นด้วย จึงแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกไม่ชอบหรือไม่พอใจ
- ด้านพฤติกรรม (Behavior Component) หมายถึง ความพร้อมที่จะกระทำซึ่งเป็นผลมาจากความคิดและความรู้สึกและจะออกมาในรูปของการยอมรับหรือปฏิเสธการปฏิบัติหรือไม่ปฏิบัติ

อริสรา จรูญธรรม (2559) กล่าวว่า องค์ประกอบเจตคติมี 3 องค์ประกอบ ได้แก่

- องค์ประกอบด้านความรู้ความเข้าใจ (Cognitive Component) คือ ความรู้ ความคิดของบุคคลที่จะพิจารณากระทำตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ
- องค์ประกอบด้านความรู้สึก (Affective Component) คือสภาพอารมณ์ซึ่งเป็นผลจากความคิด ถ้าบุคคลมีความคิดในทางที่ดีหรือไม่ดีต่อสิ่งใด บุคคลนั้นจะรู้สึกยอมรับหรือปฏิเสธต่อสิ่งนั้น
- องค์ประกอบด้านการปฏิบัติ (Behavioral Component) คือความรู้สึกโน้มน้าวใจที่จะปฏิบัติซึ่งจะอยู่ในรูปของการยอมรับหรือปฏิเสธต่อสิ่งต่าง ๆ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2531) อ้างใน พรทิพย์ สังเกต (2564) กล่าวว่า นักจิตวิทยามีความเชื่อแตกต่างกัน ยังไม่สามารถสรุปองค์ประกอบที่แน่นอนของเจตคติได้ ปัจจุบันมีแนวความคิดเห็นแตกต่างกันอยู่ 3 กลุ่ม

- เจตคติมีองค์ประกอบเดียว ตามแนวความคิดกลุ่มนี้จะประเมินเพียงแค่ความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบของบุคคล นักจิตวิทยาในกลุ่มนี้ ได้แก่ เทอร์สตัน (Thurstone) แอลพอร์ต (Allport)
- เจตคติมีสององค์ประกอบ แนวคิดนี้จะมองเจตคติว่าประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ด้าน คือสติปัญญา (Cognitive) และความรู้สึก (Affective) นักจิตวิทยาในกลุ่มนี้ คือ แคทซ์ (Katz)
- เจตคติมีสามองค์ประกอบ เป็นแนวคิดที่ระบุว่าเจตคติมี 3 ส่วน ได้แก่ ด้านสติปัญญา (Cognitive component) ประกอบด้วยความรู้ ความคิด ด้านความรู้สึก (Affective

component) หมายถึง ความรู้สึกหรืออารมณ์ของบุคคลที่ความรู้สึกชอบหรือไม่ชอบสิ่งนั้น พอใจหรือไม่พอใจ ด้านพฤติกรรม (Behavioral component) เป็นแนวโน้มของการกระทำหรือจะแสดงพฤติกรรม

จากการศึกษาองค์ประกอบของเจตคติผู้วิจัยจึงสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของเจตคติประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ องค์ประกอบด้านพุทธิปัญญา องค์ประกอบด้านความรู้สึก และองค์ประกอบทางด้านพฤติกรรม

### 3. เครื่องมือวัดเจตคติ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2531) อ้างใน พรทิพย์ สังเกต (2564) กล่าวว่าเจตคติเป็นมโนทัศน์ (Concept) ที่วัดได้ยากเครื่องมือการวัดจึงมีได้หลายรูปแบบ แล้วแต่สถานการณ์ที่ต้องการวัด เครื่องมือที่นิยมใช้มี 5 ชนิด ได้แก่

- 3.1 สัมภาษณ์ (Interview) การสัมภาษณ์หมายถึงการพูดคุยอย่างมีจุดมุ่งหมาย โดยผู้สัมภาษณ์ที่ดีต้องฟังมากกว่าจะยึดตามแนววัตถุประสงค์ที่จะวัดและบันทึกได้อย่างถูกต้อง การวัดเจตคติโดยการสัมภาษณ์จะต้องสร้างข้อคำถามในการสัมภาษณ์ให้ดีเป็นมาตรฐานก่อน การสัมภาษณ์ต้องการได้ข้อคำถามหรือข้อรายการนั้น ต้องเขียนเน้นความรู้สึกที่สามารถวัดเจตคติได้ ตรงเป้าหมายการเตรียมคนและเตรียมเครื่องมือการวัดจึงเป็นสิ่งสำคัญ การวางแผนสร้างข้อคำถามจะต้องคำนึงถึงระยะเวลาลักษณะของผู้ถูกสัมภาษณ์ด้วยข้อคำถาม ควรถามคลุมทั้งทางบวกและทางลบ เพื่อจะได้ใช้ประเมินเปรียบเทียบความรู้สึกที่แท้จริง ลักษณะของการสัมภาษณ์ที่ดี ควรมีลักษณะดังนี้
  - 3.1.1 การสัมภาษณ์ต้องเป็นการยั่วยุ หรือกระตุ้น ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์อยากจะตอบ และให้คำตอบที่คงที่พอควรคือถามให้สัมภาษณ์ต้นตัวอยู่เสมอ ถามให้เป็นที่น่าสนใจแก่ผู้ถูกสัมภาษณ์
  - 3.1.2 คำถามที่ถามพยายามถามให้ตรงจุดที่สุด หรือเป็นคำถามที่มีความชัดเจน ผู้สัมภาษณ์ต้องการให้ตอบในแง่ไหน ไม่ควรใช้คำถามที่กว้างจนเกินไป จะทำให้ลงข้อสรุปได้ยาก คำถามควรมีความเชื่อมั่นสูง แม้จะใช้คำถามเดิม ถามซ้ำอีกก็ได้คำตอบเหมือนเดิม
  - 3.1.3 คำถามที่ใช้สัมภาษณ์ควรจะได้คำตอบที่สามารถนำไปขยายถึงสาเหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกันได้
- 3.2 การสังเกต (Observation) คือการเฝ้ามองดูสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างมีจุดมุ่งหมายเครื่องมือสำคัญของการสังเกต คือ ตาและหู การเฝ้าดูโดยการบันทึกในสมองจะทำให้ลืมเลือน

ง่าย ข้อรายการ (Checklist) ที่จะใช้ในการสังเกตจึงควรเตรียมไว้ให้พร้อม การสังเกตที่ดีควรมีการฝึกจึงจะทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ ผู้สังเกตควรเป็นผู้รับรู้และมีประสาทตาดี มิฉะนั้นอาจทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อน (จุฬาลักษณ์ เทียนรุ่งรัมย์ และรัตนา ศรีสวัสดิ์, 2562)

- 3.3 การรายงานตนเอง (Self-report) เครื่องมือแบบนี้ต้องการให้ผู้ถูกทดสอบแสดงความรู้สึกของตนเองตามสิ่งเร้า กระบวนการประเมินหรือตัดสินใจของผู้เรียนว่าตนเองสามารถปฏิบัติได้ตามเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนดไว้หรือไม่ เพื่อการปรับปรุงและพัฒนาจุดอ่อนของตนเองให้ดีขึ้น (อรนุช ศรีสะอาด, 2561)
- 3.4 เทคนิคการจินตนาการ (Projective techniques) แบบนี้อาศัยสถานการณ์หลายอย่างไปเร้าผู้สอบ สถานการณ์ที่กำหนดให้จะไม่มีความแน่นอน ทำให้ผู้สอบจะต้องจินตนาการออกมาตามแต่ประสบการณ์เดิมของตน แต่ละคนจะแสดงออกมาไม่เหมือนกัน เช่น ประสาทให้เติมประโยคให้สมบูรณ์ภาพนามธรรมเต็มเรื่องราวสั้น ๆ เล่านิทานจากภาพ ฯลฯ การแปลความหมายอาศัยผลจากการตอบสิ่งที่กล่าวมาแล้ว ก็พอจะรู้ได้ว่าบุคคลมีเจตคติอย่างไรต่อเป้าเจตคตินั้น ๆ
- 3.5 การวัดทางสรีระภาพ (Physiological measurement) การวัดด้านนี้อาศัยเครื่องมือไฟฟ้าหรือเครื่องมืออื่น ๆ ในการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของสภาพร่างกาย เช่น การใช้เครื่องกล้วนอิมิตเตอร์ชนิดหนึ่ง เพื่อวัดดูความต้านทานกระแสไฟฟ้าในผิวหนัง เมื่อคนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ส่วนผสมของสารเคมีต่าง ๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติ เรียกว่ามีกระแสไฟฟ้าไหล สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดได้ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าก็สามารถวัด ตรวจสอบเปรียบเทียบกับขณะที่ร่างกายอยู่ในสภาพที่ปกติได้

#### 4. แบบวัดเจตคติ

นักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้เสนอแนะและสร้างเครื่องมือวัดเจตคติไว้หลายรูปแบบ เช่น แบบวัดเจตคติของเทอร์สโตน แบบวัดเจตคติของออสกูด แบบวัดเจตคติของลิเคิร์ท

##### 4.1 แบบวัดเจตคติของเทอร์สโตน (Thurstone-type scale)

แบบวัดเจตคติของเทอร์สโตนเน้นให้บุคคลแสดงความเห็นของตน เป็นแบบวัดที่ไม่แสดงมาตราตัวเลข มีเพียงข้อความแสดงความรู้สึกทางบวกหรือลบ ซึ่งข้อความได้กำหนดค่าการวัด (Scale value) ที่ชี้ความเข้มของเจตคติสำหรับคำตอบที่เห็น

ด้วยกับข้อคำถาม (พิชิต ฤทธิ์จัญญ, 2547) โดยการสร้างแบบวัดเจตคติของเทอร์สโตน มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

- 4.1.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบวัดเจตคติที่ต้องการสร้างแบบวัดเจตคติต้องระบุให้ได้ว่าต้องการวัดเรื่องอะไร ซึ่งเจตคติที่ต้องการวัดควรมีข้อความจำนวนมาก ทั้งข้อความที่เป็นด้านบวก ด้านลบและกลาง ๆ ข้อความนั้น ต้องได้เสียงได้ชัดเจนและไม่ซับซ้อน ดีความได้แง่เดียว
- 4.1.2 การประเมินข้อความจะนำข้อความที่สร้างขึ้นมาพิมพ์ลงในบัตรแผ่นละ 1 ข้อความแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนจัดกลุ่มข้อความเป็น 11 กลุ่ม ตามความเข้มของเจตคติโดยทั่วไปจำนวนผู้เชี่ยวชาญที่เป็นผู้พิจารณาตัดสินควรมีอย่างน้อย 30 คน ซึ่งต้องเลือกจากบุคคลที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในเรื่องที่ต้องการวัดจริง ๆ
- 4.1.3 คำนวณค่าคะแนนของข้อความในแต่ละข้อความ นำผลการพิจารณาตัดสินของผู้เชี่ยวชาญมาคำนวณค่าประจำข้อความ เป็นการกำหนดระดับความเข้มของเจตคติที่ปรากฏในข้อความแต่ละข้อความ โดยคำนวณหามัธยฐานและค่าการกระจาย โดยคำนวณจากพิสัยควอไทล์
- 4.1.4 เลือกข้อความไปใช้ทำเครื่องมือโดยข้อความในแบบวัดเจตคตินั้นควรมีประมาณ 20 – 25 ข้อความ ซึ่งควรเลือกข้อความที่มีค่า S เท่ากันไว้ในกลุ่มเดียวกันแล้วเรียงลำดับจากน้อยไปค่ามากและเลือกข้อความที่มีพิสัยควอไทล์น้อยที่สุด แสดงว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นเหมือนกัน
- 4.1.5 จัดทำแบบวัดเจตคติในการเรียงข้อความแบบสุ่ม ไม่ควรให้ข้อความที่มีค่ามัธยฐานเท่ากันอยู่ใกล้กันโดยไม่ต้งนำเสนอค่าคะแนนประจำข้อความในการทำแบบวัดเจตคติไปให้ผู้ตอบนั้น จะให้ผู้ตอบเลือกว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อความ ถ้าผู้ตอบมีเจตคติที่ดีกว่าจะเห็นด้วยกับข้อความทางบวกในแบบวัดเจตคติ
- 4.1.6 ตรวจสอบคุณภาพของแบบวัดเจตคติโดยหาค่าความเที่ยงตรงและค่าความเชื่อมั่น
- 4.1.7 นำแบบวัดเจตคติไปสอบวัดกับกลุ่มตัวอย่างที่ต้องการศึกษา ตรวจให้คะแนนเจตคติของผู้ตอบแต่ละคน คำนวณจากค่ามัธยฐานของข้อความที่ตอบจากผู้ตอบแต่ละคนที่เห็นด้วยและถือเป็นค่าที่แทนคะแนนของเจตคติจากผู้ตอบคนนั้น

#### 4.2 แบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert-type scale)

แบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต เป็นวิธีที่เรนิส ลิเคิร์ต (Renis Likert) คิดค้นขึ้นโดยเป็นชุดข้อคำถามที่ให้ผู้ตอบแสดงเจตคติหรือคุณค่าที่ต้องการวัด โดยผู้ตอบจะตอบตามระดับความเข้ม (Intensity) ซึ่งเป็นการกำหนดการให้คะแนนโดยใช้เกณฑ์ความเบี่ยงเบนมาตรฐานให้คะแนนช่วงความรู้สึก 5 ช่วงแบบต่อเนื่องเรียกว่า Arbitrary Weighting Method ได้แก่ เห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย และไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง ให้คะแนนเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 สำหรับข้อความทางบวก ส่วนข้อความทางลบในระดับความคิดเห็นเดียวกัน ให้คะแนน 1, 2, 3, 4, และ 5 ซึ่งได้ผลไม่แตกต่างกัน (สุบิน ยุระรัช, 2565)

การให้ค่าของระดับความคิดเห็นของลิเคิร์ตจะแบ่งตามลักษณะของข้อความ โดยมีทั้งทางบวกและทางลบ ดังนี้

| ระดับความคิดเห็น     | ข้อความทางบวก | ข้อความทางลบ |
|----------------------|---------------|--------------|
| เห็นด้วยอย่างยิ่ง    | 5             | 1            |
| เห็นด้วย             | 4             | 2            |
| ไม่แน่ใจ             | 3             | 3            |
| ไม่เห็นด้วย          | 2             | 4            |
| ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง | 1             | 5            |

การสร้างแบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ต มีขั้นตอนการสร้าง (นงเยาว์ อุทุมพร, 2558 อ้างใน มัสยา บัวผัน, 2563) ดังนี้

- 4.2.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบวัดเจตคติ โดยต้องระบุให้ได้ว่าต้องการวัดเรื่องใด เช่น เจตคติต่อวิชาชีวเคมี เจตคติต่อวิชาคณิตศาสตร์
- 4.2.2 ระบุขอบข่ายหรือให้ความหมายของเจตคติที่ต้องการวัดให้ชัดเจน
- 4.2.3 สร้างและรวบรวมข้อคำถามที่สะท้อนถึงเจตคติที่ต้องการวัดให้ชัดเจน และต้องให้ครอบคลุมคุณลักษณะที่สำคัญของข้อความที่ถามอาจเป็นข้อความเชิงบวกหรือเชิงลบ
- 4.2.4 ในข้อความแต่ละข้อควรผสมระหว่างข้อความด้านบวกและข้อความด้านลบ
- 4.2.5 ตรวจสอบข้อความว่าสอดคล้องกับการตอบหรือไม่ เช่น กำหนดให้ตอบว่าเห็นด้วยอย่างยิ่ง เห็นด้วย ไม่แน่ใจ ไม่เห็นด้วย ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง หรืออาจเป็นข้อความที่เขียนแล้วต้องการคำตอบในลักษณะของ ชอบมากที่สุด ชอบมาก ชอบปานกลาง ชอบน้อย ชอบน้อยที่สุด เป็นต้น

4.2.6 นำแบบวัดเจตคติไปทดลองใช้ เพื่อตรวจสอบความชัดเจนของข้อความและภาษาที่ใช้

4.2.7 กำหนดน้ำหนักคะแนนของแต่ละข้อความที่ตอบ โดยทั่วไปนิยมให้คะแนนเป็น 5, 4, 3, 2, 1 หากเป็นข้อความทางบวก และให้คะแนนเป็น 1, 2, 3, 4, 5 หากเป็นข้อความทางลบ

4.2.8 จัดทำแบบวัดเจตคติฉบับสมบูรณ์ และนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลต่อไป

#### 4.3 แบบวัดเจตคติของออสกูด (Osgood Scale)

แบบวัดเจตคติตามวิธีของออสกูด เป็นวิธีวัดความหมายของแนวคิดในทางปฏิบัติมีการประยุกต์ใช้ 2 แบบ คือ 1) วัดลักษณะความหมายของคำและแนวคิดในช่องว่างด้วยความหมายทางภาษา 3 มิติอย่างเป็นปรนัยและง่าย 2) ถ้าเป็นมาตรวัดเจตคติ (Attitude scale) (นงเยาว์ อุทุมพร, 2558 อ้างใน มัลยา บัวผัน, 2563) (ชาญชัย สิทธิโชติ, 2560) ดังนี้

ออสกูด และคณะต้องการวิธีการวัดเชิงปรนัย ในลักษณะทางภาษาของคำแนวคิด และองค์ประกอบซึ่งวิเคราะห์คำคุณศัพท์ตามข้อ 76 คู่ (ที่มีความหมายตรงข้ามกัน) คำทั้งหลายมีองค์ประกอบหลัก 3 ประการ ได้แก่ 1) องค์ประกอบด้านการประเมิน (Evaluative factor) เช่น ดี-เลว ฉลาด-โง่ มีค่า-ไร้ค่า บวก-ลบ 2) องค์ประกอบด้านพลังอำนาจ (Potency factor) เช่น แข็ง-อ่อน หนา-บาง กล้า-กลัว 3) องค์ประกอบด้านกิจกรรม (Activity factor) เช่น เร็ว-ช้า ขยัน-ขี้เกียจ ร้อน-เย็น คล่องแคล่ว-เฉื่อยชา

การสร้างแบบวัดเจตคติตามวิธีของออสกูด มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

4.3.1 เลือกมโนทัศน์ที่เป็นที่รู้จักของคนทั่วไปที่เข้าใจตรงกัน เป็นคำหรือวลีสั้น ที่มีใจความชัดเจน และสามารถกระตุ้น ให้บุคคลแสดงความคิดเห็นและความรู้สึกที่แตกต่างกันได้ สิ่งนั้นควรจะสัมพันธ์กับปัญหาวิจัย และวัดต่อความรู้สึกถึงความแตกต่างและความคล้ายคลึงในกลุ่มที่เปรียบเทียบ

4.3.2 รวบรวมคำคุณศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ให้มาก เพื่อให้ครอบคลุมสิ่งที่ต้องการ ศึกษาและนำมาจัดเป็นคำตรงกันข้ามของคำคุณศัพท์ โดยให้ครอบคลุมทั้ง 3 องค์ประกอบ

4.3.3 ให้ผู้เชี่ยวชาญทางด้านภาษาจำนวน 10 คน ตรวจสอบการใช้ภาษา ความเหมาะสมของการใช้คำคุณศัพท์ที่เลือกไว้คำตรงกันข้ามที่ผู้เชี่ยวชาญเห็นสอดคล้องกันตั้งแต่ร้อยละ 80 ถือว่าใช้ได้และปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

4.3.4 นำคำคุณศัพท์มาสร้างเป็นแบบวัดเจตคติต่อมโนทัศน์ที่กำหนดไว้โดยแบ่งเป็น 3, 5, หรือ 9 ช่วง การกำหนดคะแนนในมาตรวัดบันทึกได้ 2 แบบ คือ

4.3.5 กำหนดคะแนนส่วนที่เป็นนิมาน (Positive) ให้เป็น 7 แล้วลดลงไปเรื่อย ๆ เป็น 6, 5, 4, 3, 2 และ 1 โดยให้ส่วนที่เป็นนิเสธ (Negative) เป็น 1 เช่น

|    |       |   |   |   |   |   |   |
|----|-------|---|---|---|---|---|---|
| ดี | เลว 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
|----|-------|---|---|---|---|---|---|

4.3.6 กำหนดคะแนนให้จุดกึ่งกลางเป็นศูนย์ส่วนที่เป็นนิมาน มีค่าบวกและส่วนที่เป็นนิเสธมีค่าเป็นลบ เช่น

|          |        |   |   |   |    |    |    |
|----------|--------|---|---|---|----|----|----|
| ชือลัตย์ | โก่ง 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 |
|----------|--------|---|---|---|----|----|----|

4.3.7 นำแบบวัดเจตคติไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งควรมีอย่างน้อยจำนวน 5 เท่าของข้อความ แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนกของข้อความแต่ละข้อหาค่าความเชื่อมั่นและค่าความเที่ยงตรง

4.3.8 จัดทำแบบวัดเจตคติหลังจากที่ผ่านการหาคุณภาพเรียบร้อยแล้ว และนำไปใช้จริงต่อไป

ดังนั้นจากการศึกษาแบบวัดเจตคติ ผู้วิจัยจึงได้เลือกการวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาตามหลักการของลิเคิร์ทเนื่องจากเป็นรูปแบบที่สามารถสร้างข้อคำถามที่ต้องการวัดได้หลากหลาย ทั้งการวัดความคิดเห็น ความรู้สึก ความคิดและทัศนคติ พฤติกรรม โดยสามารถออกแบบได้ทั้งข้อความเชิงบวกและข้อความเชิงลบได้ รวมทั้งยังเป็นรูปแบบที่ได้รับความนิยมและข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องภายในประเทศ

ศิริลักษณ์ อิสณพงษ์, ภัทรกร ชัยประเสริฐ และสมศิริ สังข์หลพ (2563) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติที่มีต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 70) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีเจตคติต่อวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

มัสยา บัวผัน (2563) ได้ทำการศึกษา เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) หลังได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 85.75 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 3) เจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด

รัชฎาภรณ์ จันทร์ทอง (2562) ได้ทำวิจัยเรื่อง การใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยพบว่า (1) ประสิทธิภาพการจัดการความรู้เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นักเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษามีค่าเท่ากับ 78.83/78.75 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (2) ผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (3) ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (4) ความพึงพอใจของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษาอยู่ในระดับดีมาก

ปิยรัตน์ ครอบรัตน์ และวิภาวี ทะนานทอง (2561) ได้ทำวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่องปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาพื้นฐานเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 5E มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธัญชนก ทาระเนตร (2564) ได้ทำวิจัย เรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องเทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า 1) คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) คะแนน

วิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 60

พงศกร พรหมทา (2561) การพัฒนากิจกรรมการศึกษา เรื่อง พันธะเคมี: ผ่าฝ้ายกันน้ำเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่า กิจกรรมสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพเท่ากับร้อยละ 100 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และเมื่อนำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปจัดการเรียนรู้กับกลุ่มทดลอง พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลคะแนนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง พันธะเคมีหลังเรียนไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 กับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอบเสาะความรู้ (5E)

## 2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในต่างประเทศ

Kim et al. (2014) ได้ศึกษาผลของการใช้สะเต็ม (STEAM Education) กับ บทเรียนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และระดับความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ (Interest levels) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้สะเต็ม (STEAM Education) กับบทเรียนวิทยาศาสตร์มีความคิดสร้างสรรค์และมีความสนใจในวิทยาศาสตร์มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการสอนแบบทั่วไป ซึ่งจะต้องนำเอาการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาทุกระดับ และควรพยายามนำสะเต็มศึกษาเข้ามาใช้ในด้านการศึกษาอย่างจริงจัง

Park (2014) ได้ศึกษาผลของการพัฒนาโปรแกรม STEAM Career Education ที่ใช้เทคโนโลยีเสมือนจริง (Virtual reality) ที่มีต่อความสนใจในอาชีพเกี่ยวกับเทคโนโลยีของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4 ผลการศึกษาพบว่านักเรียนมีความสนใจและตระหนักในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีในระดับสูง

Liliawati et al. (2018) ศึกษาการนำ STEAM Education ไปใช้เพื่อปรับปรุงโมทัศน์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในการเรียนรู้ด้วยหัวข้อ Water and Us ผลการวิจัยพบว่า สะเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการของศิลปะเข้ากับศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์

เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งการเชื่อมโยงศิลปะกับวิทยาศาสตร์ทำให้การเรียนรู้มีประสิทธิภาพและสร้างสรรค์ยิ่งขึ้น และสามารถพัฒนาความเข้าใจในแนวความคิดเกี่ยวกับหัวข้อ Water and Us ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าการใช้แนวทาง STEAM ในการเรียนรู้สามารถพัฒนาและปรับปรุงมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้

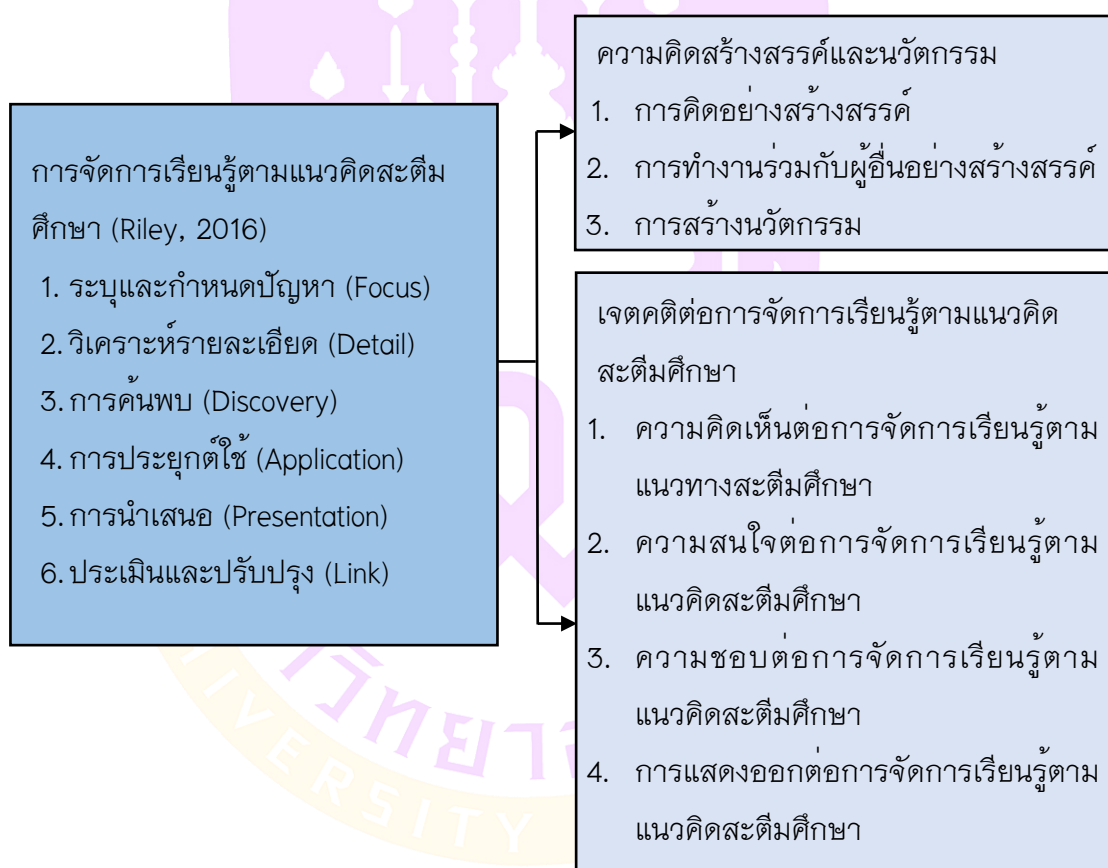
Mun (2022) ศึกษาความเป็นสุนทรียศาสตร์ใน STEAM Education ของโรงเรียนสอนศิลปะประเทศเกาหลี โดยมีจุดประสงค์เพื่อสำรวจประสบการณ์การเรียนรู้และการตอบโต้ของผู้เรียนโดยใช้สะเต็มศึกษา ซึ่งมีผู้เข้าร่วมวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 19 คน วิชากลุ่มศิลปะ จากผลการวิจัยพบว่าทำให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์และสุนทรียศาสตร์ (Arts) ไม่ใช่ศาสตร์ที่แยกจากกัน เนื่องจากความสำเร็จของนักวิทยาศาสตร์ไม่เพียงขึ้นอยู่กับความสามารถศาสตร์ทางวิชาการเท่านั้น แต่ยังขึ้นอยู่กับความคิดสร้างสรรค์ จินตนาการ และความคิดที่เป็นตัวเป็นตน ซึ่งเราสามารถสรุปได้ว่านักเรียนสามารถรับรู้ข้อจำกัดของความคิดและเปลี่ยนความคิดของตนเองผ่านการประยุกต์ใช้ความรู้ ประสบการณ์ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ได้

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติ และความพึงพอใจของนักเรียน จะมีการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งผลการวิจัยมีความสอดคล้องกันคือ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานักเรียนมีผลสัมฤทธิ์และความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีเจตคติและความพึงพอใจอยู่ในระดับดีมาก ซึ่งมีสาเหตุมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการปฏิบัติจริง ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้ที่หลากหลายสาขาวิชาในชีวิตประจำวัน ก่อให้เกิดการคิดแก้ปัญหาได้หลากหลายทาง และนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานและสร้างองค์ความรู้ในตนเอง

### กรอบแนวคิดงานวิจัย

จากการศึกษาหลักการและแนวคิดข้างต้นผู้วิจัยสามารถสังเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาออกมาได้ 6 ขั้นตอนตามแนวคิดของ Riley (2016) ได้แก่ ขั้นที่ 1 ระบุและกำหนดปัญหา (Focus) ขั้นที่ 2 วิเคราะห์รายละเอียด (Detail) ขั้นที่ 3 การค้นพบ (Discovery) ขั้นที่ 4 การประยุกต์ใช้ (Application) ขั้นที่ 5 การนำเสนอ (Presentation)

และขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง (Link) โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีหลักการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงานของ Papert and Harel (1991) ซึ่งมีความสอดคล้องที่จะส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยมีพฤติกรรมบ่งชี้ 3 ประการ ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการสร้างนวัตกรรม (Partnership for 21st Century Learning, 2009) และส่งผลต่อเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และการแสดงออกต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังรายละเอียดในภาพที่ 5



ภาพ 5 กรอบแนวคิดการวิจัย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่องการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และ  
เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย  
ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. แบบแผนการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย  
(ม.4 – 6) จำนวน 44 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเมืองแพร่  
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแพร่

##### กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
จำนวนทั้งหมด 15 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเมืองแพร่  
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแพร่ ได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง  
(Purposive Selection)

#### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส จำนวน 1 หน่วยการจัดการ  
เรียนรู้ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง
2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

### การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส

จากการที่ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สารเคมี ผู้วิจัยจึงได้นำเนื้อหาเรื่องกรด-เบส มาจัดทำเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ตามการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จำนวน 4 แผนการเรียนรู้ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สารเคมี ได้แก่ สารการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้
- 1.2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แนวคิด หลักการ วิธีการสอนของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้
- 1.3 ออกแบบกิจกรรมสะเต็ม โดยได้บูรณาการรายวิชา ดังนี้
  - 1.3.1 S = วิทยาศาสตร์ (Science) คือ เนื้อหาในรายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส คู่กรด-เบส การแตกตัวของกรด เบสและน้ำ และ pH ของสารละลายกรดเบส
  - 1.3.2 T = เทคโนโลยี (Technology) คือ การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลระหว่างทำกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส เช่น การสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์เคมีในการทดลองพิสูจน์กรด-เบสในชีวิตประจำวัน การทดสอบความรุนแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน การทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรด ข้อควรปฏิบัติเมื่อได้รับบาดเจ็บจากสารเคมี รวมทั้งรูปแบบสื่อเกมออนไลน์ต่าง ๆ เพื่อสร้างเกมคู่กรด-เบส และส่วนประกอบของสารในกระเพาะอาหาร เพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ อีกทั้งใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เวิร์ด (Microsoft Word) เพาเวอร์พอยต์ (PowerPoint) ใช้แคนวา (Canva) เพื่อออกแบบและอำนวยความสะดวก

สะดวกในการนำเสนอผลงาน และใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอกซ์เซล (Microsoft Excel) เพื่อช่วยในการคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการทดลอง เช่น การพิสูจน์กรด-เบสในชีวิตประจำวัน การทดสอบความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของสารละลายกรด-เบส เพื่อออกแบบการทดลองทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดและจำลองสภาวะในกระเพาะอาหารของมนุษย์

- 1.3.3 E = วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คือ การวางแผนและลำดับขั้นตอนการทำงาน ออกแบบการสร้างชิ้นงานเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวกับกรด-เบส ได้แก่ การออกแบบการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสของสิ่งของในชีวิตประจำวัน การออกแบบสื่อเกมออนไลน์คู่กรด-เบส การออกแบบการทดลองพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน การออกแบบเพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์และทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดแต่ละชนิด
- 1.3.4 A = ศิลปะ (Art) คือ การออกแบบการผลงานที่มีความคิดสร้างสรรค์ สามารถใช้งานได้จริงและเป็นประโยชน์ รวมทั้งการสื่อสารเพื่อสร้างความเข้าใจระหว่างผู้เรียนและครูผู้สอน การนำเสนอเพื่ออธิบายความคิดของตนเองออกมาเป็นรูปธรรมให้ผู้อื่นเข้าใจได้ ในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรม การออกแบบการทดลอง นักเรียนสามารถอธิบายขั้นตอนการทำงาน และการออกแบบต่าง ๆ อย่างละเอียด รวมทั้งออกแบบและสร้างสื่อนำเสนอผลการทดลอง สื่อเผยแพร่ความรู้ สื่อโฆษณา เพื่อนำเสนอและแลกเปลี่ยนประเด็นความคิดเห็นที่นักเรียนค้นพบ เช่น วิธีการการพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสในชีวิตประจำวันของนักเรียน การระบุข่าวสารใดในชีวิตประจำวันที่เป็นกรด-เบส การระบุคู่กรด-เบสที่ถูกต้อง ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และการคำนวณค่า pH เพื่อเตรียมสารละลายในการจำลองสภาวะอาหารของมนุษย์ให้แก่ครูและสมาชิกในชั้นเรียน
- 1.3.5 M = คณิตศาสตร์ (Mathematic) คือ การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเรื่องกรด-เบสในการคำนวณปริมาณสารที่ใช้ในการทดลอง การคำนวณการแตกตัวของกรด เบสและน้ำ การแปลงค่า pH เป็นความเข้มข้น

#### 1.4 กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

- 1.4.1 ขั้นระบุและกำหนดปัญหา (Focus) นักเรียนแบ่งกลุ่มและร่วมกันวิเคราะห์และพิจารณาปัญหาที่ครูกำหนดขึ้น เพื่อตอบและแก้ไขปัญหาคำหนด โดยเป็นปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง กรด-เบส
- 1.4.2 ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด (Detail) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ปัญหาและสาเหตุของปัญหาซึ่งเกี่ยวกับกรด-เบส เช่น ปัญหาน้ำเน่าเสียจากสารในชีวิตประจำวันซึ่งมีความเป็นกรด-เบส การ ปัญหาการตีเรื่องคู่กรด-เบสให้เพื่อนในชั้นเรียนผ่านเกมออนไลน์ ปัญหาการพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และปัญหาในการหาประสิทธิภาพของยาลดกรด ซึ่งต้องมีการจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ที่มีค่า pH ประมาณ 2.5
- 1.4.3 ขั้นการค้นพบ (Discovery) นักเรียนร่วมกันสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่างๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น กรด-เบสในชีวิตประจำวัน ทฤษฎีกรด-เบส การเลือกใช้และความอันตรายของเคมีที่มีฤทธิ์กรด-เบส ทฤษฎีคู่กรด-เบส การแตกตัวของกรด-เบส และ pH ของสารละลาย
- 1.4.4 ขั้นการประยุกต์ใช้ (Application) นักเรียนร่วมกันนำความรู้ที่ได้จากการสืบค้นมาประยุกต์ใช้และสร้างสรรค์เป็นผลงานที่สร้างสรรค์ ได้แก่ การออกแบบการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสของสารในชีวิตประจำวัน การสร้างสื่อนำเสนอผลการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสเปรียบเทียบกับการใช้ทฤษฎี การออกแบบและสร้างเกมออนไลน์เรื่องคู่กรด-เบส การออกแบบการทดลองพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และสร้างสื่อนำเสนอผลการพิสูจน์ความแรงของกรด-เบส การออกแบบเพื่อหาประสิทธิภาพของยาลดกรดโดยต้องจำลองสภาวะกระเพาะอาหารที่มีความเป็นกรดของมนุษย์ และสร้างสื่อโฆษณาประสิทธิภาพของยาลดกรดตามผลการทดลองของนักเรียน
- 1.4.5 ขั้นการนำเสนอ (Presentation) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานที่สร้างขึ้นหน้าชั้นเรียนผ่านสื่อที่นักเรียนได้ออกแบบ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลกับเพื่อนและครู และถ่ายทอดความคิดของตนเองให้ออกมาเป็นรูปธรรม โดยหลังจากการทำกิจกรรมการออกแบบการทดลองต่าง ๆ รวมทั้งการ

ออกแบบเกมออนไลน์ นักเรียนต้องสร้างสื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมต่าง ๆ ได้แก่ การสร้างสื่อนำเสนอผลการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด - เบส เปรียบเทียบกับการใช้ทฤษฎี การสร้างเกมออนไลน์เรื่องคู่กรด - เบสตามที่ออกแบบ การสร้างสื่อนำเสนอผลการพิสูจน์ความแรงของกรด - เบส และการสร้างสื่อโฆษณาประสิทธิภาพของยาลดกรดตามผลการทดลองของนักเรียน

- 1.4.6 ขั้นประเมินและปรับปรุง (Evaluation) นักเรียนและครูร่วมกันแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับผลงานของนักเรียนทุกกลุ่ม และร่วมกันให้ข้อเสนอแนะและแก้ไขปรับปรุงผลงานของกลุ่มตนเองให้ดียิ่งขึ้น เช่น การแก้ไขเนื้อหาที่ผิดของสื่อเผยแพร่ความรู้เพื่อพิสูจน์สารต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันที่มีความเป็นกรด - เบสเทียบกับการใช้ทฤษฎีกรด-เบสพิสูจน์ การแก้ไขเนื้อหาข้อคำถามในสื่อเกมคู่กรด-เบสที่นักเรียนสร้างขึ้น การแก้ไข การปรับปรุงชิ้นงานความแรงกรด-เบส หรือการปรับปรุงข้อมูลในสื่อโฆษณายาลดกรดที่เกี่ยวข้องกับ pH ของสารละลาย

- 1.5 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากสาระเคมี ผลการเรียนรู้ข้อที่ 1 - 4 สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม โดยกำหนดเนื้อหาในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรด-เบส จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้ ใช้เวลา 15 ชั่วโมง ดังตาราง 4

ตาราง 3 แสดงโครงสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาเรื่องกรด-เบส

| แผนการเรียนรู้ที่ | ผลการเรียนรู้                                                                                          | จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                   | สาระการเรียนรู้                                       | จำนวน ชั่วโมง |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------|
| 1                 | ข้อที่ 1 ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรี และลิวอิส | 1. ผู้เรียนสามารถระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบส โดยใช้ทฤษฎีกรด - เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรี และลิวอิสได้ (S)<br>2. ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสได้ (E) | ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรี และลิวอิส | 3             |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ<br>เรียนรู้ที่ | ผลการเรียนรู้                                                           | จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | สาระการเรียนรู้ | จำนวน<br>ชั่วโมง |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|
| 1 (ต่อ)               |                                                                         | <p>3. ผู้เรียนสามารถสืบค้น<br/>ข้อมูลเกี่ยวกับการ<br/>เลือกใช้อุปกรณ์ในการ<br/>ทดลองพิสูจน์ความเป็น<br/>กรด-เบสได้อย่าง<br/>เหมาะสม (T)</p> <p>4. ผู้เรียนสามารถ<br/>เปรียบเทียบผลการ<br/>ทดลองพิสูจน์ความเป็น<br/>กรด-เบส กับทฤษฎี<br/>กรด-เบสของอาร์เร<br/>เนียสเบรินสเตด-ลาวรี<br/>และลิวอิสได้ (M)</p> <p>5. ผู้เรียนสามารถนำข้อมูล<br/>จากผลการทดลอง<br/>พิสูจน์ความเป็นกรด-<br/>เบสมาสร้างชิ้นงาน<br/>เผยแพร่ความรู้แก่ชุมชน<br/>ได้ (A)</p> |                 |                  |
| 2                     | ข้อที่ 2 ระบุกรด-<br>เบสของสารตาม<br>ทฤษฎีกรด-เบส<br>ของเบรินสเตด-ลาวรี | <p>1. ผู้เรียนสามารถระบุ<br/>กรด-เบสของสารตาม<br/>ทฤษฎีกรด-เบสของเบ<br/>รินสเตด-ลาวรีได้ (S)</p> <p>2. ผู้เรียนสามารถสืบค้น<br/>ข้อมูลเกี่ยวกับเกม<br/>ออนไลน์เพื่อเลือกใช้ใน<br/>การสร้างเกมออนไลน์ได้</p>                                                                                                                                                                                                                                        | กรด-เบส         | 3                |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ<br>เรียนรู้ที่ | ผลการเรียนรู้                                                                             | จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                                                                      | สาระการเรียนรู้                                                     | จำนวน<br>ชั่วโมง |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------|
| 2 (ต่อ)               |                                                                                           | 3. กรด-เบสได้อย่าง<br>เหมาะสม (T)ผู้เรียน<br>สามารถออกแบบการ<br>สร้างเกมออนไลน์คู่<br>กรด-เบสและโจทย์<br>เกี่ยวกับการระบุคู่กรด-<br>เบสได้ (E,M)<br>4. ผู้เรียนสามารถสร้างเกม<br>ออนไลน์คู่กรด-เบส<br>สำเร็จ และใช้งานได้ (A)                                                              |                                                                     |                  |
| 3                     | ข้อที่ 3 คำนวณ และ<br>เปรียบเทียบ<br>ความสามารถในการ<br>แตกตัวหรือความแรง<br>ของกรดและเบส | 1. ผู้เรียนสามารถคำนวณ<br>ความสามารถในการ<br>แตกตัวหรือความแรง<br>ของกรดและเบสได้ (S,<br>M)<br>2. ผู้เรียนสามารถ<br>เปรียบเทียบ<br>ความสามารถในการ<br>แตกตัวหรือความแรง<br>ของกรดและเบสได้ (S,<br>M)<br>3. ผู้เรียนสามารถออกแบบ<br>การทดสอบความแรง<br>ของกรด-เบสใน<br>ชีวิตประจำวันได้ (E) | - การแตกตัว<br>ของกรด เบส<br>และน้ำ<br>- สมบัติกรด -<br>เบสของเกลือ | 4                |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ<br>การเรียนรู้<br>ที่ | ผลการเรียนรู้                                                                             | จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                                                 | สาระการเรียนรู้         | จำนวน<br>ชั่วโมง |
|------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------|
| 3 (ต่อ)                      |                                                                                           | <p>4. ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลอง และความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (T)</p> <p>5. ผู้เรียนสามารถทดสอบความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และนำเสนอผลการทดลองที่เปรียบเทียบกับผลการคำนวณความแรงของกรด-เบสได้ (A)</p> |                         |                  |
| 4                            | ข้อที่ 4 คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส | <p>1. ผู้เรียนสามารถบอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ได้ (S)</p> <p>2. ผู้เรียนสามารถคำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบสได้ (S, M)</p>                                                             | pH ของสารละลายกรดและเบส | 5                |

ตาราง 3 (ต่อ)

| แผนการ<br>เรียนรู้ที่ | ผลการเรียนรู้ | จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                          | สาระการเรียนรู้ | จำนวน<br>ชั่วโมง |
|-----------------------|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|
| 4 (ต่อ)               |               | 3. ผู้เรียนสามารถออกแบบ<br>การทดสอบประสิทธิภาพ<br>ของยาลดกรดใน<br>กระเพาะ และการจำลอง<br>สภาวะกรดในกระเพาะ<br>อาหารของมนุษย์ได้ (E)            |                 |                  |
|                       |               | 4. ผู้เรียนสามารถสืบค้น<br>ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะของ<br>กระเพาะอาหาร และการ<br>เลือกใช้ในการเลือกใช้<br>อุปกรณ์ในการทดลองได้<br>อย่างเหมาะสม (T) |                 |                  |
|                       |               | 5. ผู้เรียนสามารถสร้างสื่อ<br>โฆษณายาลดกรด และ<br>อธิบายผลการทดสอบ<br>ประสิทธิภาพของยาลด<br>กรดได้ (A)                                         |                 |                  |
| รวม                   |               |                                                                                                                                                |                 | 15               |

1.6 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส จำนวน 15 ชั่วโมง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 1.6.1 หัวข้อเรื่อง
- 1.6.2 ผลการเรียนรู้
- 1.6.3 สาระสำคัญ
- 1.6.4 จุดประสงค์การเรียนรู้
- 1.6.5 สาระการเรียนรู้
- 1.6.6 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- 1.6.7 คุณลักษณะอันพึงประสงค์
- 1.6.8 ภาระงาน
- 1.6.9 กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุและกำหนดปัญหา ขั้นวิเคราะห์รายละเอียด ขั้นการค้นพบ ขั้นการประยุกต์ใช้ ขั้นการนำเสนอ ขั้นประเมินและปรับปรุง
- 1.6.10 สื่อการเรียนรู้และแหล่งเรียนรู้
- 1.6.11 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้
- 1.6.12 บันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้
- 1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมด้านองค์ประกอบ เนื้อหา วิธีการสอน สื่อประกอบการเรียนรู้ และการวัดประเมินผล เพื่อนำข้อบกพร่องมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ
- 1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส ที่ปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ (เคมี) และด้านการวัดประเมินผล เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และคุณภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเทียบกับเกณฑ์ที่เป็นลักษณะประเมินที่เป็นมาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์ของ (บุญชม ศรีสะอาด, 2553) ดังนี้
- |       |   |                           |
|-------|---|---------------------------|
| คะแนน | 5 | หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด  |
| คะแนน | 4 | หมายถึง เหมาะสมมาก        |
| คะแนน | 3 | หมายถึง เหมาะสมปานกลาง    |
| คะแนน | 2 | หมายถึง เหมาะสมน้อย       |
| คะแนน | 1 | หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด |

โดยมีการแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนน ดังนี้

|                  |             |                           |
|------------------|-------------|---------------------------|
| ระดับคะแนนเฉลี่ย | 4.51 – 5.00 | หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด  |
| ระดับคะแนนเฉลี่ย | 3.51 – 4.50 | หมายถึง เหมาะสมมาก        |
| ระดับคะแนนเฉลี่ย | 2.51 – 3.50 | หมายถึง เหมาะสมปานกลาง    |
| ระดับคะแนนเฉลี่ย | 1.51 – 2.50 | หมายถึง เหมาะสมน้อย       |
| ระดับคะแนนเฉลี่ย | 1.00 – 1.50 | หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด |

จากการประเมินคุณภาพ พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ย 4.81 คะแนน 4.81 (ภาคผนวก ค หน้า 262) มีความเหมาะสมระดับมากที่สุดสามารถนำไปใช้ได้

## 2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

- 2.1 ศึกษาทฤษฎี เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับความหมายและรูปแบบวิธีการสร้างแบบทดสอบ การวัดประเมินผล แนวทางการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 2.2 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และจำนวนข้อสอบในแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบ 3 ด้าน ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการสร้างนวัตกรรม
- 2.3 สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยผู้วิจัยสร้างคำถามขึ้นเอง เป็นแบบทดสอบอัตนัย จำนวน 7 ข้อ โดยคำถามข้อที่ 1 และ 6 ใช้เวลาในการทำข้อสอบข้อละ 5 นาที ข้อคำถามที่ 2 – 5 และ 7 ใช้เวลาในการทำข้อสอบข้อละ 10 นาที
- 2.4 สร้างเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แบ่งเป็น 3 ด้านโดยดัดแปลงจากเกณฑ์ของ Partnership for 21st Century Learning (2009) ดังตาราง 4
- 2.5 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสม และนำข้อเสนอนำไปปรับปรุงแก้ไข

ตาราง 4 แสดงเกณฑ์การให้คะแนนแบบนวัตกรรมคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ดัดแปลงจากเกณฑ์  
การประเมินของ Partnership for 21st Century Learning (2009)

| เกณฑ์การประเมิน                           | ระดับคุณภาพ                             |                                         |                                             |                                                  |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                           | 4<br>(ดีมาก)                            | 3<br>(ดี)                               | 2<br>(ปานกลาง)                              | 1<br>(ควรปรับปรุง)                               |
| การคิดอย่างสร้างสรรค์ (Creative Thinking) |                                         |                                         |                                             |                                                  |
| ให้คะแนนจากคำตอบ                          | 1. ระบุงการและเบสใน<br>ชีวิตประจำวันได้ | 1. ระบุงการและเบสใน<br>ชีวิตประจำวันได้ | 1. ระบุงการและเบสใน<br>ชีวิตประจำวันถูกต้อง | 1. ระบุงการและเบสใน<br>ชีวิตประจำวันถูกต้อง น้อย |
| ทั้งหมดของนักเรียน โดย                    | หลากหลาย ถูกต้อง 6                      | หลากหลาย ถูกต้อง                        | 3-4 ข้อ ภายในเวลา 5                         | กว่า 3 ข้อ ภายในเวลา 5                           |
| ต้องเป็นคำตอบที่แสดงถึง                   | ข้อขึ้นไป ภายในเวลา 5                   | 5-6 ข้อ ภายในเวลา 5                     | นาที                                        | นาที                                             |
| การใช้เทคนิคในการ                         | นาที                                    | นาที                                    | นาที                                        | นาที                                             |
| สร้างสรรค์ความคิดที่                      |                                         |                                         |                                             |                                                  |
| หลากหลาย ก่อเกิดแนวคิด                    | 2. ระบุงสาเหตุที่เกี่ยวข้อง             | 2. ระบุงสาเหตุที่เกี่ยวข้อง             | 2. ระบุงสาเหตุที่เกี่ยวข้อง                 | 2. ระบุงสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับ                   |
| ที่แปลกใหม่ มีคุณค่าและ                   | กับกรต-เบสที่ก่อให้เกิด                 | กับกรต-เบสที่ก่อให้เกิด                 | กับกรต-เบสที่ก่อให้เกิด                     | กรต-เบสที่ก่อให้เกิดน้ำ                          |
| เป็นประโยชน์ สามารถ                       | นำเมาเสียได้                            | นำเมาเสียได้                            | นำเมาเสียได้                                | เมาเสียถูกต้องน้อยกว่า 3                         |
| นำไปใช้ได้จริง และทั้งมีการ               | หลากหลาย ถูกต้อง 4                      | หลากหลาย ถูกต้อง 4                      | เมาเสียถูกต้อง 3 ข้อ ซึ่ง                   | ข้อ หรือมีคำตอบที่มีผู้ตอบ                       |
| ประเมินความคิดของตนเอง                    | ข้อขึ้นไป ซึ่งเป็นคำตอบ                 | ข้อ ซึ่งเป็นคำตอบที่มี                  | เป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่                     | เกินร้อยละ 50 ของ                                |
| ซ้ำเพื่อปรับปรุงและพัฒนา                  |                                         |                                         |                                             | นักเรียนทั้งหมด                                  |

ตาราง 4 (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมิน                                                                     |                                                                                                                               | ระดับคุณภาพ                                                                                                   |                                                                                                               |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 4<br>(ดีมาก)                                                                        | 3<br>(ดี)                                                                                                                     | 2<br>(ปานกลาง)                                                                                                | 1<br>(ควรปรับปรุง)                                                                                            |  |
| การคิดอย่างสร้างสรรค์ (Creative Thinking)                                           |                                                                                                                               |                                                                                                               |                                                                                                               |  |
| แนวคิดของตนเอง โดยจะได้คำตอบละ 1 คะแนน                                              | ที่มีผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด                                                                                | ผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด                                                                     | เกินร้อยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด                                                                              |  |
|                                                                                     | 3. ระบุนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรด-เบส ได้ 5 ข้อขึ้นไป ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง มีผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด | 3. ระบุนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้ 4-5 ข้อ ซึ่งเป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด | 3. ระบุนวัตกรรมที่เกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้ 2-3 ข้อ ซึ่งเป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด |  |
| การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others)                 |                                                                                                                               |                                                                                                               |                                                                                                               |  |
| ให้คะแนนจากคำตอบทั้งหมดของนักเรียน โดยต้องเป็นคำตอบที่แสดงถึงความสามารถในการสื่อสาร | 1. ระบุวิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการเพาะเพาะอาหารเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยนำไป                                   | 1. ระบุวิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการเพาะเพาะอาหารเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยนำไป                   | 1. ระบุวิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการเพาะเพาะอาหารเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยนำไป                   |  |

#### ตาราง 4 (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมิน                                                     |                              | ระดับคุณภาพ                  |                              |                                                  |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------|
|                                                                     | 4<br>(ดีมาก)                 | 3<br>(ดี)                    | 2<br>(ปานกลาง)               | 1<br>(ควรปรับปรุง)                               |
| การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others) |                              |                              |                              |                                                  |
| ความคิดคิดใหม่ ๆ ให้กับผู้อื่น                                      | ปฏิบัติตามได้ถูกต้อง ซึ่งมี  | ปฏิบัติตามได้ถูกต้อง ซึ่งมี  | ปฏิบัติตามได้ถูกต้อง ซึ่งมี  | ปฏิบัติตามได้ถูกต้องซึ่งมี                       |
| เปิดกว้างทางความคิด                                                 | มีคำตอบที่มีผู้ตอบไม่เกิน    | มีคำตอบที่มีผู้ตอบไม่เกิน    | มีคำตอบที่มีผู้ตอบไม่เกิน    | คำตอบที่มีผู้ตอบเกินร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด |
| แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มในการทำงาน เข้มแข็งถึง                  | ร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด | ร้อยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด | ร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด |                                                  |
| ปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ                                              | 2. ระบุแนวทางการทำงาน        | 2. ระบุแนวทางการทำงาน        | 2. ระบุแนวทางการทำงาน        | 2. ระบุแนวทางการทำงาน                            |
| ที่เกิดขึ้นในการทำงานจริง                                           | รวมกับผู้อื่นในการ           | รวมกับผู้อื่นในการ           | รวมกับผู้อื่นในการ           | รวมกับผู้อื่นในการ                               |
| โดยจะได้คำตอบ 1                                                     | แก้ปัญหาหาต้นเบรียว          | แก้ปัญหาหาต้นเบรียว          | แก้ปัญหาหาต้นเบรียวเพื่อให้  | แก้ปัญหาหาต้นเบรียวเพื่อให้                      |
| คะแนน                                                               | เพื่อให้คำแนะนำแก่           | เพื่อให้คำแนะนำแก่           | คำแนะนำแก่เกษตรกรได้         | คำแนะนำแก่เกษตรกรได้                             |
|                                                                     | เกษตรกรได้ถูกต้อง ซึ่ง       | เกษตรกรได้ถูกต้อง ซึ่ง       | ถูกต้อง ซึ่งเป็นคำตอบที่มี   | ถูกต้อง ซึ่งเป็นคำตอบที่มี                       |
|                                                                     | เป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่      | เป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่      | ผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 60       | ผู้ตอบเกินร้อยละ 60 ของ                          |
|                                                                     | เกินร้อยละ 40 ของ            | เกินร้อยละ 50 ของ            | ของนักเรียนทั้งหมด           | นักเรียนทั้งหมด                                  |
|                                                                     | นักเรียนทั้งหมด              | นักเรียนทั้งหมด              |                              |                                                  |

ตาราง 4 (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมิน                                                                                       | ระดับคุณภาพ                                                                                                  |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                       | 4<br>(ดีมาก)                                                                                                 | 3<br>(ดี)                                                                                 | 2<br>(ปานกลาง)                                                                            | 1<br>(ควรปรับปรุง)                                                                                                                 |
| การสร้างนวัตกรรม (Implement Innovations)                                                              |                                                                                                              |                                                                                           |                                                                                           |                                                                                                                                    |
| ให้คะแนนจากคำตอบทั้งหมดของนักเรียน โดยต้องเป็นคำตอบที่แสดงถึงการดำเนินการออกแบบนวัตกรรม จะได้อะไรบ้าง | 1. เขียนรายละเอียดการออกแบบการจำลองสถานะการเพาะอาหารของมนุษย์ได้มากเห็นภาพ ชัดเจน และมีความถูกต้องและสมบูรณ์ | 1. เขียนรายละเอียดการออกแบบการจำลองสถานะการเพาะอาหารของมนุษย์ได้มาก แต่ไม่                | 1. เขียนรายละเอียดการออกแบบการจำลองสถานะการเพาะอาหารของมนุษย์ได้บ้าง ไม่                  | 1. เขียนรายละเอียดการออกแบบการจำลองสถานะการเพาะอาหารของมนุษย์ได้เล็กน้อย ไม่สามารถเขียนให้เห็นภาพชัดเจน มีความถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ |
| 1 คะแนน                                                                                               | 2. เลือกนวัตกรรมจาก กรด-เบสได้ พร้อมวาดภาพการออกแบบ นวัตกรรม โดยเขียนรายละเอียดให้เห็นภาพ                    | 2. เลือกนวัตกรรมจาก กรด-เบสได้ พร้อมวาดภาพการออกแบบ นวัตกรรม โดยเขียนรายละเอียดให้เห็นภาพ | 2. เลือกนวัตกรรมจาก กรด-เบสได้ พร้อมวาดภาพการออกแบบ นวัตกรรม โดยเขียนรายละเอียดให้เห็นภาพ | 2. เลือกนวัตกรรมจาก กรด-เบสได้ พร้อมวาดภาพการออกแบบ นวัตกรรม โดยเขียนรายละเอียดให้เห็นภาพ                                          |

ตาราง 4 (ต่อ)

| เกณฑ์การประเมิน                               | ระดับคุณภาพ                        |                                    |                                    |                                                |
|-----------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
|                                               | 4<br>(ดีมาก)                       | 3<br>(ดี)                          | 2<br>(ปานกลาง)                     | 1<br>(ควรปรับปรุง)                             |
| การสร้างสรรค์นวัตกรรม (Implement Innovations) | ชัดเจน และมีความ<br>ถูกต้องสมบูรณ์ | ชัดเจน และมีความ<br>ถูกต้องสมบูรณ์ | ชัดเจน และมีความ<br>ถูกต้องสมบูรณ์ | ให้คุณภาพชัดเจน มี<br>ความถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ |

2.6 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่สมบูรณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดและประเมินผล พร้อมทั้ง นำตารางวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Item-Objective Congruence Index: IOC) ของผู้เชี่ยวชาญ มาคำนวณ ค่าดัชนีความสอดคล้องโดยใช้เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

|    |         |                                                |
|----|---------|------------------------------------------------|
| +1 | หมายถึง | แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์    |
| 0  | หมายถึง | ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ |
| -1 | หมายถึง | แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ |

2.7 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย และพิจารณาเลือก แบบทดสอบที่ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559) พบว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ ระหว่าง 0.67 – 1.00 (ภาคผนวก ค หน้า 263)

2.8 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็น นักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 16 คน โรงเรียนเมืองแพร่ ภาคเรียนที่ 2 ปี การศึกษา 2565 แล้วนำคะแนนที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้สูตรการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟา ของครอนบาค (Cronbach's alpha coefficient) พบว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรมมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.83 (ภาคผนวก ค หน้า 265)

2.9 นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

### 3. แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

3.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดเจตคติตามวิธีของลิเคิร์ท

3.2 สร้างแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้น

มัธยมศึกษาตอนปลายตามวิธีการวัดของลิเคิร์ท ซึ่งเป็นข้อคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ประกอบด้วยเนื้อหาที่ครอบคลุม 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และการแสดงออกในกิจกรรมสะเต็มศึกษา โดยมีทั้งข้อคำถามเชิงบวกและข้อคำถามเชิงลบ จำนวน 40 ข้อ ซึ่งการให้คะแนนแต่ละข้อ มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

#### คำถามเชิงบวก

|                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5 | เมื่อตอบว่าเห็นด้วยอย่างยิ่ง    |
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 4 | เมื่อตอบว่าเห็นด้วย             |
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3 | เมื่อตอบว่าไม่แน่ใจ             |
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 2 | เมื่อตอบว่าไม่เห็นด้วย          |
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 1 | เมื่อตอบว่าไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

#### คำถามเชิงลบ

|                             |                                 |
|-----------------------------|---------------------------------|
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 5 | เมื่อตอบว่าไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 4 | เมื่อตอบว่าไม่เห็นด้วย          |
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 3 | เมื่อตอบว่าไม่แน่ใจ             |
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 2 | เมื่อตอบว่าเห็นด้วย             |
| ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเท่ากับ 1 | เมื่อตอบว่าเห็นด้วยอย่างยิ่ง    |

โดยกำหนดเกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ยตามบุญชม ศรีสะอาด (2545)

ดังนี้

|                            |                                          |
|----------------------------|------------------------------------------|
| เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 4.51 – 5.00 | แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับมากที่สุด  |
| เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 3.51 – 4.50 | แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับมาก        |
| เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 2.51 – 3.50 | แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับปานกลาง    |
| เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 1.51 – 2.50 | แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับน้อย       |
| เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.50 | แปลความหมายว่า มีเจตคติในระดับน้อยที่สุด |

3.3 นำแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง และให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.4 นำแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความสอดคล้องของคำถามกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

|    |         |                                                                                          |
|----|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| +1 | หมายถึง | แน่ใจว่าแบบวัดตรงกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา    |
| 0  | หมายถึง | ไม่แน่ใจว่าแบบวัดตรงกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
| -1 | หมายถึง | แน่ใจว่าแบบวัดไม่ตรงกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |

3.5 นำผลการตรวจของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องโดยพิจารณาแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่มีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) พบว่า แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 (ภาคผนวก ค หน้า 266)

3.6 ดำเนินการปรับปรุงแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญโดยปรับการใช้คำถามให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

3.7 นำแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 16 คน โรงเรียนเมืองแพร่ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

นำคะแนนจากแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน เพื่อพิจารณาเลือกข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนก

3.8 ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 20 ข้อ พบว่า แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.41 – 0.95 (ภาคผนวก ค หน้า 268)

3.9 หาค่าความเชื่อมั่นโดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาครอนบาค (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538) พบว่า แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 (ภาคผนวก ค หน้า 269)

3.10 นำแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

### แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนวิธีวิจัยแบบกลุ่มเดียว (One Group Post-test Design only) มีการวัดผลหลังการทดลอง (ภัทธา นิคมานนท์, 2539) มีลักษณะดังตาราง 3

ตาราง 5 แสดงแบบแผนการวิจัย

| การจัดกระทำ |   | ทดสอบหลังเรียน |
|-------------|---|----------------|
| E           | X | T              |

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ดำเนินการเก็บข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเมืองแพร่ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแพร่ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 15 คน ได้จากการเลือกแบบเจาะจง
2. ผู้วิจัยชี้แจงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แก่นักเรียนกลุ่มตัวอย่าง
3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมและเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สำหรับของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 4 แผน ใช้เวลาสอน 15 ชั่วโมง
4. ทดสอบหลังเรียน (Post-test) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

5. นำผลคะแนนจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมาวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

### การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลจากการดำเนินการวิจัยโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีการทางสถิติโดยมีการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนักเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) ใช้วิธีทดสอบแบบ One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test (นิภาศรีไพโรจน์, 2533)
2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยใช้วิธีทางสถิติ ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

#### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

|           |     |                                                  |
|-----------|-----|--------------------------------------------------|
| N         | แทน | จำนวนกลุ่มตัวอย่าง                               |
| $\bar{X}$ | แทน | คะแนนเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง                      |
| SD.       | แทน | ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง             |
| Z         | แทน | การทดสอบแบบ One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test |

#### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75

ตาราง 6 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75

| การทดสอบ  | N  | คะแนนเต็ม | เกณฑ์ร้อยละ 75 | $\bar{X}$ | SD.  | Z    | Sig   |
|-----------|----|-----------|----------------|-----------|------|------|-------|
| หลังเรียน | 15 | 28        | 21             | 22.22     | 1.74 | 2.28 | 0.023 |

\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 6 พบว่าความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน ( $\bar{X}$ )

=22.22, SD. = 1.74) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

นอกจากนี้ได้ศึกษาคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 7

**ตาราง 7 คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายระหว่างที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้**

| ความคิดสร้างสรรค์<br>และนวัตกรรม          | คะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียน |             |             |             | รวม<br>เฉลี่ย | ร้อยละ       | แปลผล     |
|-------------------------------------------|-------------------------|-------------|-------------|-------------|---------------|--------------|-----------|
|                                           | แผน 11                  | แผน 12      | แผน 13      | แผน 14      |               |              |           |
| การคิดตัวอย่าง<br>สร้างสรรค์              | 2.56                    | 2.83        | 3.17        | 3.33        | 2.97          | 74.31        | ดี        |
| การทำงานร่วมกับ<br>ผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ | 2.33                    | 2.33        | 3.00        | 3.67        | 2.83          | 70.83        | ดี        |
| การสร้างนวัตกรรม                          | 3.11                    | 3.33        | 3.33        | 3.89        | 3.42          | 85.42        | ดี        |
| <b>รวมเฉลี่ยทั้งหมด</b>                   | <b>2.67</b>             | <b>2.83</b> | <b>3.17</b> | <b>3.63</b> | <b>3.07</b>   | <b>76.75</b> | <b>ดี</b> |

จากตารางที่ 7 พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเฉลี่ยระหว่างเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าเท่ากับ 2.67, 2.83, 3.17 และ 3.63 ตามลำดับ ซึ่งถือว่ามีคะแนนเฉลี่ยระหว่างเรียนสูงขึ้นในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ เมื่อพิจารณาในภาพรวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเฉลี่ยระหว่างเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับดี และเมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดคือ การสร้างนวัตกรรม ( $\bar{X}$  = 3.47) รองลงมาคือ การคิดตัวอย่างสร้างสรรค์ ( $\bar{X}$  = 2.97) และการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ ( $\bar{X}$  = 2.83)

2. ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตาราง 8 ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

| ข้อที่                                                     | ประเด็น                                                                                     | $\bar{X}$   | SD.         | ร้อยละ       | แปลผล      |
|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|--------------|------------|
| <b>ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา</b> |                                                                                             |             |             |              |            |
| 1                                                          | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ด้วยตนเองและเน้นการปฏิบัติจริง | 4.20        | 0.68        | 84.00        | มาก        |
| 2                                                          | ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไม่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้         | 2.40        | 0.74        | 48.00        | น้อย       |
| 3                                                          | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเกิดความเครียด ความวิตกกังวลใจ            | 2.86        | 0.64        | 57.33        | ปานกลาง    |
| 4                                                          | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจเรื่องที่เรียนมากขึ้น               | 4.46        | 0.52        | 89.33        | มาก        |
| 5                                                          | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมแก่ข้าพเจ้า       | 4.20        | 0.56        | 84.00        | มาก        |
| <b>รวมเฉลี่ย</b>                                           |                                                                                             | <b>3.63</b> | <b>0.26</b> | <b>72.53</b> | <b>มาก</b> |
| <b>ความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b>    |                                                                                             |             |             |              |            |
| 6                                                          | ข้าพเจ้ารู้สึกเบื่อทุกครั้งเมื่อต้องได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา             | 2.33        | 0.62        | 46.67        | น้อย       |
| 7                                                          | ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาน่าสนใจ                               | 4.07        | 0.59        | 81.33        | มาก        |
| 8                                                          | ข้าพเจ้ารู้สึกกระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                         | 3.87        | 0.64        | 77.33        | มาก        |
| 9                                                          | ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเสียเวลา                 | 2.67        | 1.05        | 53.33        | ปานกลาง    |
| 10                                                         | ข้าพเจ้าสนใจที่จะเข้าร่วมทำกิจกรรมสะเต็มถ้ามีโอกาส                                          | 3.87        | 0.64        | 77.33        | มาก        |

ตาราง 8 (ต่อ)

| ข้อที่                                                    | ประเด็น                                                                                  | $\bar{X}$ | SD.  | ร้อยละ | แปลผล   |
|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------|--------|---------|
| รวมเฉลี่ย                                                 |                                                                                          | 3.36      | 0.26 | 67.20  | ปานกลาง |
| <b>ความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b>    |                                                                                          |           |      |        |         |
| 11                                                        | ข้าพเจ้าชอบการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มากกว่าการเรียนรู้แบบปกติ                     | 3.60      | 0.63 | 72.00  | มาก     |
| 12                                                        | ข้าพเจ้าอยากทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาต่อถึงแม้จะหมดเวลาแล้ว                                   | 3.33      | 0.62 | 66.67  | ปานกลาง |
| 13                                                        | การทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าภูมิใจในตนเอง                                        | 4.27      | 0.70 | 85.33  | มาก     |
| 14                                                        | ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาอื่นมากกว่าทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                      | 2.80      | 0.94 | 56.00  | ปานกลาง |
| 15                                                        | ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น และไม่ควรมี   | 2.47      | 0.99 | 49.33  | น้อย    |
| รวมเฉลี่ย                                                 |                                                                                          | 3.29      | 0.23 | 65.87  | ปานกลาง |
| <b>การแสดงออกต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b> |                                                                                          |           |      |        |         |
| 16                                                        | ข้าพเจ้าชอบแสดงความคิดเห็นตลอดการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                    | 3.93      | 0.96 | 78.67  | มาก     |
| 17                                                        | ข้าพเจ้าตั้งใจทำกิจกรรมสะเต็มอย่างเต็มความสามารถ และสำเร็จ                               | 4.00      | 0.76 | 80.00  | มาก     |
| 18                                                        | ข้าพเจ้ามักจะสืบค้นความรู้ และข้อมูล เพื่อเตรียมพร้อมก่อนมาทำกิจกรรมสะเต็มเสมอ           | 3.87      | 0.35 | 77.33  | มาก     |
| 19                                                        | ข้าพเจ้ามักจะค้นคว้าหาคำตอบในสิ่งที่สงสัยจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสมอ    | 3.93      | 0.46 | 78.67  | มาก     |
| 20                                                        | ข้าพเจ้ามักจะนำความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในชีวิตประจำวัน | 4.00      | 0.53 | 80.00  | มาก     |
| รวมเฉลี่ย                                                 |                                                                                          | 3.95      | 0.39 | 78.93  | มาก     |
| รวมเฉลี่ยทั้งหมด                                          |                                                                                          | 3.56      | 0.20 | 71.13  | มาก     |

จากตารางที่ 8 พบว่า เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในภาพรวมอยู่ใน  
ระดับมาก ( $\bar{X} = 3.56$ ,  $SD. = 0.20$ ) เมื่อพิจารณารายด้านพบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด  
ได้แก่ ด้านการแสดงออกต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ( $\bar{X} = 3.95$ ,  $SD. =$   
 $0.39$ ) รองลงมาคือด้านความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ( $\bar{X} = 3.63$ ,  
 $SD. = 0.26$ ) ด้านความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ( $\bar{X} = 3.36$ ,  $SD. =$   
 $0.26$ ) และด้านความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ( $\bar{X} = 3.29$ ,  $SD. =$   
 $0.23$ ) ตามลำดับ



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 2) เพื่อศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ โรงเรียนเมืองแพร่ อำเภอเมืองแพร่ จังหวัดแพร่ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 15 คน ซึ่งได้มาจากการเลือกแบบเจาะจง (Purposive selection) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส จำนวน 1 หน่วยการจัดการเรียนรู้ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีแบบแผนการการวิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-Experimental Research) ผู้วิจัยได้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนวิธีวิจัยแบบกลุ่มเดียว (One Group Post-test Design only) มีการวัดผลหลังการทดลอง ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดย 1) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมนักเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) ใช้วิธีทดสอบแบบ One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test (นิภา ศรีไพโรจน์, 2533) 2) ศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้วิธีทางสถิติ ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

### สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้สรุปผลการศึกษา ดังนี้

1. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. นักเรียนมีเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก ( $\bar{X} = 3.56$ ,  $SD. = 0.20$ )

### อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประเด็นการอภิปรายดังนี้

1. **ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75**

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจาก ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่หลากหลาย สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ตามสาระเคมี และขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบูรณาการศาสตร์ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ สามารถเชื่อมโยงไปสู่การคิดขั้นสูงและการลงมือปฏิบัติจริง ทำทลายความสามารถในการแก้ปัญหาที่หลากหลายและสร้างสรรค์ของผู้เรียน สร้างสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันใกล้ตัวผู้เรียน สามารถเข้าใจได้ง่าย เช่น ปัญหาการพิสูจน์กรด-เบสในชีวิตประจำวัน ปัญหาการออกแบบสื่อบันเทิงออนไลน์ กรด-เบส ปัญหาการทดสอบความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน ปัญหาการทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดและจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ ซึ่งนำไปสู่การกระตุ้นให้ผู้เรียนมีความต้องการและแรงบันดาลใจในเอาชนะปัญหาที่เกิดขึ้น ผู้เรียนจะได้ทำงานร่วมกับสมาชิกในกลุ่มในการวิเคราะห์องค์ประกอบ สาเหตุของปัญหา นำไปสู่การมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ และเกิดความเข้าใจอย่างแท้จริง มองเห็นจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ เกิดการคิดและแสวงหาคำตอบผ่านการ

สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการคิดหาคำตอบได้หลากหลายทาง และเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นการพัฒนาทั้งสมองซีกซ้ายและซีกขวาไปพร้อมกัน (Kim และ Park, 2012) และเมื่อผู้เรียนเกิดความเต็มใจในการเรียนรู้ และมีอิสระในการคิดแก้ปัญหา ผู้เรียนจะมีความสุข เกิดความรู้ที่คงทนและนำไปสู่การเป็นนักคิด และผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมในอนาคต (สิตยา ลังการพันธุ์, 2561)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนได้นำศิลปะ (Arts) มาเป็นสื่อกลางในการสร้างสรรค์ความคิด จินตนาการ และการออกแบบชิ้นงานที่นำไปสู่ความคิดนอกกรอบ ผู้เรียนสามารถนำศิลปะมาใช้ในการถ่ายทอดความคิดของตนเองจากนามธรรมสู่รูปธรรมได้ เนื่องจากศิลปะในสะเต็มศึกษาไม่ใช่เป็นเพียงแค่ศิลปะการวาดภาพหรือถ่ายภาพเท่านั้น แต่ยังรวมไปถึงศิลปะการสื่อสาร เล่นดนตรี การแสดงละคร การเขียนเชิงสร้างสรรค์ และงานฝีมือต่าง ๆ (Perignat and Katz-Buonincontro, 2019) ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำศิลปะในสะเต็มศึกษามาใช้ประโยชน์ โดยเน้นให้ผู้เรียนได้ทำงานเป็นกลุ่ม กระตุ้นให้ผู้เรียนวางแผนแก้ไขปัญหา แลกเปลี่ยนความคิดเห็นและอภิปรายร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม ผู้เรียนจะได้แสดงความคิดเห็นและอธิบายความคิดของตนเองออกมาให้แก่เพื่อนและครูผู้สอนเข้าใจ จึงเป็นเรื่องธรรมชาติของการทำงานร่วมกับผู้อื่นที่อาจทำให้ผู้เรียนพบกับสถานการณ์ที่ไม่พึงประสงค์ที่จะเป็นอุปสรรคในการทำงาน ดังนั้น เพื่อหลีกเลี่ยงอุปสรรคเหล่านั้นผู้เรียนจึงต้องมีศิลปะในการสื่อสาร ศิลปะในการบริหารจัดการคนและเวลา รวมทั้งศิลปะในการวางตัวที่ดีเพื่อให้การทำงานเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ และสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมสะเต็มที่หลากหลายโดยให้อิสระแก่ผู้เรียนในการทำตามความคิดของตนเอง สามารถออกแบบผลงานหรือเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการนำเสนอผลงานได้อย่างอิสระ เช่น กิจกรรมการพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวันให้ผู้เรียนต้องนำผลการพิสูจน์ไปจัดทำเป็นสื่อเผยแพร่ความรู้ให้แก่ชุมชนเกิดความเข้าใจ และไม่ทิ้งสิ่งของที่มีความเป็นกรด-เบสลงในแม่น้ำก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียอีก ซึ่งผู้เรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการเลือกประเภท ออกแบบ และสร้างผลงานที่แปลก ไม่ซ้ำใคร และสวยงาม มีการจัดวางองค์ประกอบให้คนในชุมชนเข้าใจง่ายจนก่อให้เกิดเป็นนวัตกรรมที่มีประโยชน์ซึ่งล้วนต้องอาศัยความเป็นศิลปะในสะเต็มศึกษาทั้งสิ้น โดยศิลปะในสะเต็มศึกษาเป็นตัวช่วยให้ผู้เรียนเกิดการรับรู้ เกิดความยืดหยุ่นในกระบวนการคิดและต่อยอดความคิดนั้น

สู่นวัตกรรม จนนำไปสู่การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้ (Yakman and Lee, 2012)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษายังส่งเสริมให้ผู้เรียนนำ T ในสะเต็มศึกษาออกมาให้ผู้เรียนมีการสืบค้นข้อมูลผ่านแหล่งเรียนรู้ทางเทคโนโลยีที่ทันสมัย และนำความรู้ที่ได้นั้นมาเป็นพื้นฐานในการออกแบบชิ้นงาน การทดลอง เพื่อพิสูจน์และแก้ไขปัญหาที่เจอด้วยวิธีการที่แปลกใหม่ไม่เหมือนใคร มีประโยชน์และสร้างสรรค์ เช่น ในการวิจัยครั้งนี้มีกิจกรรมทดสอบประสิทธิภาพยาลดกรดและจำลองสภาวะในกระเพาะอาหารของมนุษย์ ซึ่งผู้เรียนต้องร่วมกันสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์เคมี อันตรายจากสารเคมีและข้อควรปฏิบัติเมื่อได้รับบาดเจ็บในการทดลอง รวมทั้งองค์ประกอบ ปริมาณของสาร ต่าง ๆ อุณหภูมิ และค่า pH ในกระเพาะอาหาร เพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง ในระหว่างที่ผู้เรียนออกแบบ วางแผน และดำเนินการทดลอง ผู้เรียนต้องนำเอาองค์ความรู้ที่ได้ศึกษามาใช้ เพื่อกลั่นกรององค์ความรู้เหล่านี้ให้กลายเป็นนวัตกรรมหรือองค์ความรู้ก่อนใหม่ที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างขึ้น นำไปสู่การสร้างความรู้ในตนเองตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ที่เชื่อว่าผู้เรียนสามารถเป็นฝ่ายที่สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยความรู้ที่ได้นั้นไม่จำเป็นต้องมาจากครูเพียงฝ่ายเดียว เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เผชิญกับสภาพแวดล้อมการเรียนรู้ที่อิสระ เน้นการปฏิบัติ (Doing) และสร้าง (Making) สิ่งต่าง ๆ ขึ้นมา ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้สร้างความคิดและวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองและนำความคิดนั้นไปสร้างสรรค์ชิ้นงานได้ (Papert and Harel, 1991) เป็นแนวคิดในการเปลี่ยนผู้เรียนจากผู้รับการถ่ายทอดการเรียนรู้เป็นผู้ลงมือและสำรวจเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการสอนที่ครูจะให้อิสระแก่ผู้เรียนทำในสิ่งที่ตนเองสนใจ เมื่อการเรียนรู้ไม่ได้เกิดจากการบังคับจึงก่อให้เกิดการนำความคิดสร้างสรรค์มาใช้ในกระบวนการเรียนรู้และแก้ปัญหาของผู้เรียน เกิดการแก้ปัญหาที่สร้างสรรค์และหลากหลายแง่มุม (สุชิน เพ็ชรรักษ์, 2544)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษายังสอดคล้องกับกฎแห่งการฝึกหัด (Law of exercise) ของ Thorndike (1932) ที่กล่าวว่า การนำความรู้ที่มีมาใช้อย่างปฏิบัติ หรือใช้ซ้ำบ่อย ๆ จะทำให้เกิดความคงทนในการเรียนรู้มากยิ่งขึ้น เนื่องจากในกิจกรรมการทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดและจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ ผู้เรียนต้องร่วมกันกำหนดเงื่อนไขและจำลองสภาวะในกระเพาะอาหารของมนุษย์ก่อน จึงจะสามารถทดสอบยาลดกรดได้ ผู้เรียนจึงต้องช่วยกันกำหนดว่าควรใช้กรดไฮโดร

คลอสิกผสมกับน้ำกลั่นปริมาณเท่าใดจึงจะได้สารละลายที่มีค่า pH เท่ากับ 2.5 โดยสามารถใช้วิธีการคำนวณ การสุ่มแทนค่า หรือการลองทดลองเพื่อหาค่าของสารละลายที่เหมาะสมหลายครั้ง ทำให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลองผิดลองถูก ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ในการแก้ไขปัญหา และนำผลจากการลองผิดลองถูกนั้นมาปรับปรุงแก้ไขจนสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยปัญหาที่ผู้เรียนพบในกิจกรรมนั้นล้วนเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในรายวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส ที่มีความเหมาะสมกับระดับความพร้อมของผู้เรียนที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และสอดคล้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในปัญหาได้ง่ายขึ้น ทั้งยังสามารถจินตนาการสถานการณ์ตามที่กำหนดและคิดหาแนวทางการแก้ไขปัญหาได้ ทำให้ผู้เรียนเกิดความคิดว่าสิ่งที่เรียนสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมายของออสซูเบล (สรวงศ์ โค้วตระกูล, 2545)

นอกจากนี้ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทั้ง 3 ด้าน ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ (Focus) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องร่วมกันทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหา และระบุให้ได้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร เป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ (Work Creatively with Others) เนื่องจากผู้เรียนจะถูกแบ่งกลุ่มร่วมกันทำความเข้าใจกับปัญหาต่าง ๆ ที่ใกล้เคียง โดยผู้เรียนแต่ละคนอาจทำความเข้าใจสถานการณ์และได้คำตอบหลากหลายไม่เหมือนกัน ดังนั้น เมื่อเกิดการทำงานเป็นกลุ่มที่ต้องมีการนำสิ่งที่ตนเองคิดออกมาอภิปราย ทำให้ผู้เรียนได้ใช้ศิลปะการสื่อสารในการอธิบาย แสดงความคิดเห็น รวมทั้งรู้จักรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม นำไปสู่การเข้าใจถึงเหตุผลและความจำเป็นในการแก้ปัญหา รู้ว่าปัญหาที่เกิดขึ้นคืออะไร นอกจากนี้ในกิจกรรมครูจะเป็นผู้กระตุ้นให้ผู้เรียนร่วมกันคิด แลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับสถานการณ์ที่ผู้เรียนเจอ เช่น ครูจะใช้คำถามว่า “ปัญหาในสถานการณ์ที่นักเรียนอ่านคืออะไร ?” โดยไม่ปิดกั้นความคิดของผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่ม และจะไม่ตอบผู้เรียนทันทีว่าสิ่งที่คิดถูกหรือผิด แต่จะใช้การถามคำถามกลับเพื่อให้ผู้เรียนได้ย้อนคิดคำตอบของตนเอง เป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) ที่ให้ผู้เรียนได้ใช้เทคนิคการสร้างสรรค์ที่หลากหลายอย่างการ

ระดมความคิด แลกเปลี่ยนความคิดเห็น รวมทั้งผู้เรียนยังได้พยายามประเมินและปรับปรุงความคิดของตนเองให้มีความสมบูรณ์จนนำไปสู่การได้คำตอบที่ถูกต้อง

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องช่วยกันวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา ซึ่งสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ เนื่องจากผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มจะได้ร่วมกันหาสาเหตุเงื่อนไขหรือข้อจำกัด องค์ประกอบของปัญหาในสถานการณ์ ทำให้ผู้เรียนสามารถกำหนดขอบเขตที่นำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาได้ และยังสามารถพัฒนาองค์ประกอบด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ เนื่องจากการกระตุ้นโดยใช้คำถามที่ผู้เรียนได้พยายามคิดหาคำตอบอย่างอิสระ แปลกใหม่ เช่น ผู้วิจัยถามว่า “นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุของปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน” ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิดและใกล้ตัวผู้เรียนและสามารถตอบได้หลากหลายและสร้างสรรค์ โดยในขั้นที่ 1 และ 2 สอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของกลุ่มเกสตัท์ที่กล่าวว่าการเรียนรู้เกิดจากการรับรู้ที่ผู้เรียนใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ต่อสิ่งเร้าหรือปัญหาที่ผู้เรียนเจอ และนำไปสู่กระบวนการคิดเพื่อให้สมองดึงเอาความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาวิเคราะห์และแสดงพฤติกรรมตามที่ผู้เรียนคิดออกมา แม้ผู้เรียนจะรับรู้ในสิ่งเดียวกัน แต่ก็สามารถแสดงพฤติกรรมตามความคิดออกมาไม่เหมือนกัน แล้วแต่ประสบการณ์และความรู้เดิมของผู้เรียน (อารี พันธมณี, 2546)

ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า (Discovery) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ศึกษา สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับปัญหา และความรู้ทางวิชาเคมี เรื่องกรด-เบส เพื่อให้ผู้เรียนเกิดพื้นฐานความรู้ นำไปสู่การหาแนวทางการแก้ไขปัญหามากมายและมีประโยชน์ เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้คิดเพื่อแก้ปัญหาไปพร้อมกับการเรียนรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนจะเป็นผู้สร้างเป้าหมายในการเรียนรู้โดยไม่ผ่านการบังคับ รวมทั้งมีปฏิสัมพันธ์กับสมาชิกในกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนเกิดความสนุกในการเรียนรู้ มีการใช้คำถามว่า “นักเรียนมีวิธีการอย่างไรในการตรวจสอบความเป็นกรด-เบสของสาร ?” ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนสามารถระบุวิธีที่แปลกใหม่ หลากหลาย ไม่ซ้ำกับสมาชิกกลุ่มอื่น เช่น การใช้ pH meter กระดาษลิตมัส ยูนิเวอร์แซลอินดิเคเตอร์ หรือการใช้อินดิเคเตอร์จากธรรมชาติ โดยครูจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เสนอคำตอบของตนเอง และเปิดโอกาสให้ค้นคว้าความรู้ตามวิธีการเรียนรู้ของตนเองซึ่งเป็นการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ สอดคล้องกับทฤษฎีสนามที่กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนมีแรงจูงใจที่จะกระทำไปสู่จุดหมายที่ผู้เรียนต้องการ ดังนั้นหากผู้เรียนมีอิสระในการกำหนดจุดมุ่งหมายในการเรียนรู้ และเลือกที่จะเรียนรู้ตามแนวทางของตนเองโดยไม่

เกิดจากการบังคับ จะทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงและเกิดพลังด้านบวกที่จะเป็นตัวผลักดันให้ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความหมาย (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2545) นอกจากนี้ยังมีกิจกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ อาทิเช่น ให้ผู้เรียนได้ร่วมกันแก้ปัญหาพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน ซึ่งผู้เรียนต้องร่วมกันสืบค้นข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา เช่น การเลือกใช้อุปกรณ์ ความอันตรายของสารเคมีที่ใช้ วิธีการออกแบบการทดลอง และนำผลการสืบค้นมาวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันเพื่อนำไปสู่การออกแบบการทดลองพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสอย่างอิสระ ซึ่งผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะได้วิธีการทดลองออกมาไม่ซ้ำกัน เนื่องจากครูผู้สอนจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนพยายามสื่อสารความคิดใหม่ ๆ ให้สมาชิกในกลุ่มเข้าใจได้อย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งส่งเสริมให้ผู้เรียนเปิดกว้างทางความคิด ยอมรับฟังความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่ม และสามารถรวมเอาข้อเสนอแนะ แนวทางการแก้ไขปัญหาของสมาชิกในกลุ่มมาประยุกต์ใช้ในการทำงาน ครูจะเป็นผู้คอยสนับสนุนการทำงาน อำนวยความสะดวก เสนอแนะข้อมูล และให้ความช่วยเหลือผู้เรียน เช่น การให้คำแนะนำในการใช้อุปกรณ์เคมี การให้คำปรึกษาในขั้นตอนและวิธีการทดลองที่ถูกต้อง รวมทั้งการควบคุม ฝ้าสังเกต และกระตุ้นการทำงานของผู้เรียนแต่ละกลุ่มเพื่อให้สมาชิกในกลุ่มทุกคนมีส่วนร่วมในการทำงานในกลุ่ม ส่งเสริมให้สภาพแวดล้อมของการเรียนรู้เป็นสังคมที่เปิดกว้างทางความคิด ผู้เรียนยอมรับและพร้อมแก้ไขปัญหาด้วยการไตร่ตรองเหตุผล ส่งผลให้ผู้เรียนสามารถเลือกแนวทางการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและดีที่สุดได้ เมื่อสภาพแวดล้อมกลายเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้และเปิดกว้างก็จะสามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนซึมซับกับสภาพแวดล้อมเหล่านี้ ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น และสนุกในการเรียนรู้ และเป็นบุคคลตามรูปแบบการเรียนรู้เชิงรุก โดยสอดคล้องกับทฤษฎีการเรียนรู้ของแบนดูราที่กล่าวว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมทางสังคม หรือในชีวิตประจำวันของผู้เรียนอยู่ (Bandura, 1997)

ขั้นที่ 4 ประยุกต์ (Application) เป็นขั้นที่ผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มต้องร่วมกันเขียนแนวทางการแก้ปัญหา รายละเอียดการวางแผนอย่างเป็นขั้นตอน รวมทั้งเริ่มสร้างผลงานตามที่ได้ออกแบบไว้ได้สำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด ซึ่งเป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการสร้างนวัตกรรม เนื่องจากในขั้นที่ 4 นี้มีกิจกรรมการพิสูจน์กรด-เบสในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน โดยผู้เรียนต้องทำการพิสูจน์ และนำผลการทดลองนั้นมาเผยแพร่ให้ชุมชนได้ศึกษาและ

เข้าใจว่าการเทของที่มีฤทธิ์เป็นกรด-เบสลงไปในแม่น้ำจะทำให้แม่น้ำเสียได้ ดังนั้นผู้เรียนจะต้องมีการวางแผนอย่างละเอียดซึ่งเป็นไปตามลักษณะของตัว E ในระดัการศึกษาที่เน้นให้ผู้เรียนออกแบบการทำงานอย่างเป็นขั้นตอน และมีวิธีการคิดและการทำงานอย่างวิศวกร (Yakman, 2008) โดยเขียนวิธีการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบส ที่ต้องระบุเนื้อหา ได้แก่ อุปกรณ์การทดลอง วิธีการทดลอง เมื่อวางแผนการทดลองเรียบร้อยแล้วจึงดำเนินการทดลองตามที่ได้วางแผนไว้ จากนั้นบันทึกผลการทดลอง อภิปรายและสรุปผลการทดลอง และนำข้อมูลที่ได้มาออกแบบและสร้างสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบสในชีวิตประจำวันที่เปรียบเทียบกับทฤษฎีกรด-เบสว่าตรงกันหรือไม่ โดยการทำงานทุกครั้งผู้เรียนจะไม่ได้ถูกทิ้งให้ทำงานอย่างโดดเดี่ยวหรือเจอกับปัญหาเพียงลำพัง แต่ครูจะเป็นผู้สร้างบรรยากาศที่เอื้อต่อการทำกิจกรรม ส่งเสริมให้สมาชิกในกลุ่มช่วยเหลือกัน โดยครูจะอำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำเรื่องการออกแบบ ให้ความรู้เพิ่มเติมในส่วนที่ผู้เรียนยังขาดความเข้าใจ เช่น วิธีการใช้อุปกรณ์เคมีหรือสารเคมีต่าง ๆ การคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ในการทดลอง การปฏิบัติตนเมื่อได้รับบาดเจ็บจากสารเคมี หรือการใช้เทคโนโลยีในการสร้างชิ้นงานเพื่อนำเสนอผลงาน ครูให้อิสระในการสร้างสรรค์ความคิด และออกแบบของผู้เรียน เป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ของบรุนเนอร์ที่เชื่อว่าผู้เรียนเลือกที่จะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้จะเกิดได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนลงมือปฏิบัติและค้นพบด้วยตนเอง ในระหว่างที่ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ ผู้เรียนอาจพบกับปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างการทำงาน หรือเจอกับข้อสงสัยบางอย่างทำให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและแรงจูงใจภายในเพื่อเอาชนะอุปสรรคที่เกิดขึ้นจนนำไปสู่การค้นพบและพยายามด้วยตัวของผู้เรียนเอง (Bruner, 1969)

การที่ผู้เรียนต้องทำงานร่วมกับสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งมีโอกาสที่ผู้เรียนจะต้องพบกับอุปสรรคทางด้านการปรับตัว การสื่อสาร การทำงานร่วมกับผู้อื่นที่ไม่สามารถตัดสินใจด้วยตนเองคนเดียวได้ ผู้เรียนจะต้องพยายามทำความเข้าใจถึงปัญหาและข้อจำกัดที่เกิดขึ้นเหล่านี้ และตั้งเอาความเป็นศิลปะในระดัการศึกษาซึ่งแฝงไปด้วยศิลปะในการสื่อสาร ศิลปะในการทำงานร่วมกับผู้อื่นออกมาใช้ในการแก้ปัญหา (Yakman, 2011) โดยระดัการศึกษาสามารถส่งเสริมและพัฒนาให้ผู้เรียนมีการแก้ปัญหาระหว่างการทำงานได้อย่างรวดเร็วและสร้างสรรค์ แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มและความคิดสร้างสรรค์ในการทำงานและความเข้าใจโลกแห่งความเป็นจริงของการทำงาน (วันชัย น้อยวงศ์ และภิญญา วงษ์ทอง, 2563) ซึ่งครูจะกระตุ้นและให้กำลังใจผู้เรียน ให้ผู้เรียน

มองความล้มเหลวเป็นโอกาสในการเรียนรู้ (Trilling และFadel, 2009) และยอมรับความล้มเหลวของตนเองได้อย่างภาคภูมิใจและพร้อมที่จะเผชิญกับปัญหาที่เข้ามาใหม่ได้ตลอดเวลา ซึ่งจะช่วยในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการทำงานร่วมกันผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ในขั้นที่ 4 ยังส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ประเมินความคิดของตนเองซ้ำหลายครั้งโดยผ่านการให้คำแนะนำ และการจุดประกายความคิดของครูผู้สอนที่ต้องการให้ผู้เรียนเกิดคำถามและความต้องการในการเรียนรู้ต่อปัญหาที่เกิดขึ้นต่อไป จนเกิดการไตร่ตรอง พัฒนาและปรับปรุงการออกแบบชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพ และสำคัญที่สุดคือผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตัวเองอย่างแท้จริง เป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ได้อีกด้วย

ขั้นที่ 5 นำเสนอ (Presentation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มต้องนำเสนอผลงานผ่านการสื่อสารและอธิบายให้ครูและสมาชิกในกลุ่มอื่นเข้าใจได้อย่างชัดเจน เห็นภาพ โดยใช้สื่อและผลงานที่ผู้เรียนออกแบบมาช่วยในการอธิบาย ซึ่งเทคนิคการนำเสนอและสื่อที่นักเรียนออกแบบมาล้วนใช้ A หรือศิลปะใน STEAM Education มาสร้างสรรค์ โดยการนำเสนอแต่ละครั้งสมาชิกในกลุ่มทุกคนต้องมีส่วนร่วม ผู้เรียนต้องแบ่งหน้าที่กันภายในกลุ่มให้ชัดเจน และช่วยกันแก้ปัญหาเฉพาะหน้าในการตอบคำถามของครู ถือได้ว่าสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมในด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ของผู้เรียนได้

ขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง (Link) เป็นขั้นที่ผู้เรียนและครูผู้สอนร่วมกันตรวจสอบและประเมินผลงาน ซึ่งเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ให้ข้อเสนอแนะต่อชิ้นงานของตนเอง ระบุจุดที่ควรปรับปรุงแก้ไข ส่งผลให้ผู้เรียนได้ประเมินความคิดของตนเอง เพื่อพัฒนาผลงานให้มีประสิทธิภาพต่อไป เป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ต่อข้อผิดพลาด เปิดใจยอมรับต่อจุดอ่อนของตนเอง รวมทั้งมองความล้มเหลวเป็นโอกาสในการเรียนรู้ และเข้าใจว่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นเป็นเพียงส่วนเล็ก ๆ ที่จะทำให้ผู้เรียนมุ่งสู่ความสำเร็จ (Trilling and Fadel, 2009)

ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ Yakman (2008) ที่กล่าวว่า สะเต็มศึกษามุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในชีวิตจริง และพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา อีกทั้งสะเต็มศึกษายังช่วยให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจผ่านการลงมือปฏิบัติจริง สอดคล้องกับกระทรวงศึกษาธิการ (2565) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา

เป็นการผสมผสานศิลปะกับวิทยาศาสตร์เข้าด้วยกันซึ่งนำไปสู่การคิดแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมใหม่ในชีวิตประจำวันและการทำงาน เน้นการปฏิบัติและประยุกต์ใช้กับชีวิตประจำวัน ดังที่สุปราณี ชมจุมจัง (2565) กล่าวว่าสะเต็มศึกษาเป็นการฉีกกระบวนการศึกษาไทยจากเดิม เป็นการเรียนรู้จากตัวอย่างหรือสถานการณ์จริงก่อนทฤษฎี ทำให้เกิดความสุขและเข้าใจง่าย เป็นการเรียนเพื่อต่อยอดไปสู่การประยุกต์ใช้ในการทำงานในอนาคต ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ลองผิดลองถูก เปิดรับแนวคิดใหม่ และสร้างองค์ความรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้จริงในชีวิตมากกว่าการสอบในชั้นเรียน เป็นดังที่ วิสูตร โพธิ์เงิน (2560) ได้ประยุกต์ใช้ศิลปะในสะเต็มศึกษาในการจัดการเรียนการสอนซึ่งช่วยให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติผ่านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ ประเมินค่า และการคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบชิ้นงานเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ผู้เรียนเจอได้ สอดคล้องกับปรัชญาภรณ์ จันทรวง (2562) ที่ศึกษาการใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์นักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนโดยใช้สะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามที่วันชัย น้อยวงศ์ และภิญโญ วงษ์ทอง (2563) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเรื่อง “ปลูกผักไร้ดิน” เพื่อเสริมสร้างทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนประถมศึกษาตอนปลายพบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา และช่วยพัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์ ทักษะการสื่อสาร และทักษะการทำงานร่วมกันเป็นทีม ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญในการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 อีกทั้งมีทิศทางเดียวกับ ธนอม ขวัญ วิบูลย์ธนสาร (2561) ที่ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า 1) ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี มีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 70/70 2) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่ากลุ่มควบคุม และ 4) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและร่วมมือ

ทำงาน อยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับพงศกร พรหมทา (2561) ที่ศึกษาการพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่องพันธะเคมี: ผ่าฝ้ายกันน้ำ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า 1) กิจกรรมสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องพันธะเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

## 2. ผลการศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

นักเรียนมีเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือแก้ปัญหาด้วยตนเอง และพยายามแสวงหาคำตอบจากสิ่งที่ผู้เรียนสงสัย ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะการแก้ปัญหาผ่านความคิดสร้างสรรค์ซึ่งให้อิสระผู้เรียนได้คิด วางแผนการทำงาน เน้นให้ผู้เรียนมีวิธีคิดแบบศิลปินนำเอาจินตนาการและความคิดสร้างสรรค์มาใช้ในการแก้ไขปัญหาจากสถานการณ์ที่เผชิญ เมื่อผู้เรียนไม่ถูกจำกัดอิสระทางความคิดและไม่ถูกบังคับทำให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการทำกิจกรรมและเกิดความสุขในการเรียนรู้ มากไปกว่านั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษายังเน้นให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ช่วยเหลือกันภายในกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนไม่เครียดและกดดันมากเกินไป กล้าที่จะแสดงความคิดเห็น และพยายามสื่อสารความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยอยู่บนพื้นฐานของการยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่นด้วย ซึ่งเป็นส่วนที่ช่วยให้ผู้เรียนได้กลั่นกรองความคิดของตนเอง ทำงานวางแผนอย่างเป็นขั้นตอนและเกิดความสุขในการอภิปรายกับสมาชิกกลุ่ม ซึ่งช่วยสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนอยากลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยทั้ง 5 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อสะเต็มศึกษา ดังนี้

ขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ และขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ที่ครูกำหนด รวมทั้งวิเคราะห์เพื่อหาขอบเขตและเงื่อนไขของปัญหาในสถานการณ์ โดยผู้เรียนจะสามารถระบุได้ว่าปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นคืออะไร สาเหตุและแนวทางการแก้ปัญหาคืออะไร และต้องใช้องค์ความรู้ใดบ้างเพื่อนำมาสู่การแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ถือได้ว่าเป็นสองขั้นตอนแรกที่มีความสำคัญสำหรับการจัดการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากเป็นขั้นแรกที่น่าผู้เรียนเข้าสู่บทเรียน หากผู้เรียนเจอกับเนื้อหาที่ยากจนเกินไป หรือเป็นปัญหาที่ผู้เรียนไม่คุ้นเคยอาจทำให้ความรู้สึกลงในการเรียนลดลง และเกิดความต่อต้านการทำกิจกรรมขึ้นได้ ดังนั้นจึงใช้สถานการณ์และปัญหาที่ไม่ยากจนเกิดระดับความสามารถของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้เรียนมีโอกาสพบเจอในชีวิตประจำวันได้ ทำให้ผู้เรียนคุ้นเคยกับปัญหาในสถานการณ์ เมื่อผู้เรียนถูกแบ่งกลุ่มจึงมีความกระตือรือร้น และความตั้งใจเพื่อร่วมแลกเปลี่ยนแสดงความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่มในการหาคำตอบร่วมกัน เช่น การวิเคราะห์สถานการณ์น้ำเน่าเสียเนื่องจากคนในชุมชนขาดความรู้เรื่องกรด-เบส สถานการณ์เมื่อผู้เรียนได้รับบทบาทเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ต้องทำการพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน หรือสถานการณ์ที่ผู้เรียนได้รับบทบาทเป็นนักวิจัยที่ต้องพัฒนาและปรับปรุงสูตรยาลดกรด โดยต้องทดสอบประสิทธิภาพยาลดกรดโดยจำลองในสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ ซึ่งล้วนเป็นปัญหาที่มีความใกล้ตัวผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจปัญหาได้ง่าย และนำไปสู่การคิดหาแนวทางการแก้ปัญหาได้โดยไม่เกิดความท้อแท้ในการทำกิจกรรม ดังที่ Piaget (1963) ได้กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงระดับสติปัญญาของผู้เรียน เน้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบและดึงเอาศักยภาพของตนเองออกมาใช้ ทำให้ไม่น่าเบื่อและเกิดความสนุกในการเรียนรู้ สอดคล้องกับแนวความคิดของ Tyler (1949) ที่กล่าวว่าจัดการเรียนรู้ต้องมีความต่อเนื่องตรงกับระดับความสามารถ เนื้อหารายวิชาและชีวิตประจำวันจึงจะทำให้ผู้เรียนมีความสุขและได้เรียนรู้อย่างมีความหมาย และยังสัมพันธ์กับ จรูญพงศ์ ชลสินธุ์ (2561) ที่กล่าวว่า สถานการณ์ที่ต้องระบุปัญหานั้นต้องเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและเนื้อหารายวิชาของผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มได้ร่วมกันวิเคราะห์และนำไปสู่การกำหนดแนวทางการแก้ปัญหาที่ถูกต้อง อีกทั้งครูผู้สอนจะเป็นผู้คอยกระตุ้นให้สมาชิกแต่ละกลุ่มร่วมกันพูดคุยหาคำตอบ และสนับสนุนให้การทำงานร่วมกันของแต่ละกลุ่มเกิดความสามัคคีซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้ผู้เรียนเกิดความต้องการในการทำกิจกรรมจนสำเร็จลุล่วง ดังนั้นเมื่อผู้เรียนได้ร่วมทำงานกับสมาชิกใน

กลุ่มจึงทำให้ความกดดันในการเรียน หรือการทำกิจกรรมลดน้อยลง ส่งผลให้ผู้เรียนไม่เกิดความวิตกกังวลในการทำกิจกรรม มีกำลังใจและแรงจูงใจในการเรียนต่อไป

ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ศึกษาองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับกรด-เบส เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยมีเนื้อหาหลักที่ผู้เรียนต้องศึกษา ได้แก่ ทฤษฎีกรด-เบส คูกรด-เบส ความแรงของกรด-เบส และ pH ของสารละลายกรด-เบส แต่การเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาของผู้เรียนแต่ละกลุ่มนั้นล้วนแตกต่างกันไป ทำให้เนื้อหาหลักเหล่านี้อาจยังไม่เพียงพอที่ผู้เรียนจะนำไปประยุกต์ใช้ได้ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถที่จะศึกษาค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมได้ตามความต้องการของผู้เรียนเอง โดยผู้เรียนเป็นผู้กำหนดเป้าหมายในการเรียนรู้ของตนเองเพื่อให้ตอบโจทย์การแก้ปัญหาที่ตั้งเป้าหมายไว้ ผู้เรียนจะเป็นผู้ตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ไขปัญหาอย่างอิสระโดยไม่ถูกจำกัดความคิด ซึ่งกระบวนการทั้งหมดผู้เรียนจะเป็นผู้ศึกษาและเรียนรู้ด้วยตนเองจากแหล่งเรียนรู้ทั้งในหนังสือเรียน ห้องสมุดโรงเรียน สื่ออินเทอร์เน็ต และสื่อนำเสนอที่มีความสวยงาม ทันสมัยจากครู แม้ผู้เรียนจะต้องศึกษาเนื้อหาหลักด้วยตนเอง ซึ่งสร้างความเครียด และเกิดความไม่เข้าใจในเนื้อหาที่ยากและซับซ้อน ดังนั้นครูจึงมีบทบาทสำคัญที่จะช่วยอธิบายขยายความเข้าใจของผู้เรียนในขั้นนี้ด้วย โดยผ่านการสาธิต การยกตัวอย่าง การถามตอบ และให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจากโจทย์และคำถามที่ยกมา รวมทั้งเนื้อหาอื่น ๆ ที่ผู้เรียนต้องไปศึกษาเพิ่มเติม เช่น อุปกรณ์เคมีที่ใช้ในการทดลอง วิธีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์เคมีต่าง ๆ ความอันตรายของสารเคมีที่เป็นกรด-เบส การสร้างเกมออนไลน์หรือสื่อนำเสนอต่าง ๆ เป็นต้น โดยผู้เรียนจะไม่ได้ถูกทิ้งให้เรียนรู้ด้วยตัวเองคนเดียวแต่จะมีครูที่ทำหน้าที่ให้คำปรึกษา และข้อเสนอแนะต่าง ๆ รวมทั้งติดตามการทำงาน และสนับสนุนให้ผู้เรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างปลอดภัย จึงทำให้ผู้เรียนมีความสุขต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นำไปสู่การเกิดความต้องการและความพยายามในการเรียนรู้และเอาชนะอุปสรรคที่เจอระหว่างทำกิจกรรมได้ ดังที่ Dewey McDermott (1973) กล่าวว่า การเรียนรู้เกิดได้เมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติตนเองผ่านการทำกิจกรรมในสภาพแวดล้อมจริง เกิดความกระตือรือร้นในการทำงาน และเกิดการค้นคว้าในสิ่งที่ตนเองสนใจหรือถนัดด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนเกิดแรงจูงใจและมีความสุขในการเรียน ซึ่งจะส่งผลต่อการมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นที่ 4 ประยุกต์ เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้ร่วมกับสมาชิกในกลุ่มวางแผน ออกแบบ การแก้ปัญหาและสร้างสรรค์ชิ้นงานที่ออกแบบไว้ออกมา ได้แก่ การทดลองพิสูจน์ ความเป็นกรด-เบสในชีวิตประจำวัน สื่อเผยแพร่ความรู้เรื่องกรด-เบสในชีวิตประจำวัน สื่อเกมคู่กรด-เบส การทดลองความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน การทดลอง ทดสอบประสิทธิภาพยาลดกรดในกระเพาะอาหาร และสื่อโฆษณาาลดกรด โดยต้อง ประยุกต์ใช้ความรู้จากขั้นที่ 3 ที่ผู้เรียนศึกษามาเป็นพื้นฐานในการออกแบบและ สร้างสรรค์ชิ้นงาน เป็นขั้นที่ผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มต้องช่วยเหลือ ร่วมมือกันเป็น อย่างมากซึ่งต้องใช้ทั้งความรู้ ความพยายาม ความอดทนในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ใน ระหว่างทำกิจกรรมผู้เรียนสามารถพบกับอุปสรรค การแก้ไขงาน การปรับเปลี่ยนแนว ทางการแก้ปัญหาตามข้อเสนอแนะของครู ถ้าภายในกลุ่มไม่ช่วยเหลือกัน ขาดความ สามัคคี หรือขาดความรับผิดชอบในการทำหน้าที่ของตนเอง อาจส่งผลให้ไม่สามารถ แก้ปัญหาและทำงานสำเร็จลงได้ ผู้เรียนอาจเกิดความท้อแท้ในการทำกิจกรรม และ นำไปสู่ความเครียดและเกิดการต่อต้านการเรียน ดังนั้นในระหว่างทำกิจกรรมครูจะ เป็นผู้ช่วยเหลือให้คำปรึกษาแก่ผู้เรียน และเป็นผู้สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนภายใน กลุ่ม คอยกระตุ้นให้สมาชิกในกลุ่มมีส่วนร่วมในการทำงาน การแสดงออกต่าง ๆ และ ส่งเสริมความสามารถของผู้เรียนแต่ละคนเพื่อเอามาใช้ในการทำงานแต่ละครั้ง ทำให้ ผู้เรียนเกิดความรู้สึกว่าตนเองสามารถทำได้ และเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้งานสำเร็จ ได้รับความ ยอมรับจากทั้งครูและสมาชิกในกลุ่ม ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Maslow (1943) ที่ต้องการได้รับการยกย่องจากผู้อื่น จึงส่งผลให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นที่ 5 นำเสนอ และขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง เป็นขั้นที่ผู้เรียนต้องนำเสนอ ชิ้นงานที่เสร็จสมบูรณ์แก่ครูผู้สอน และเพื่อนในชั้นเรียน และประเมินชิ้นงานเพื่อนำ กลับไปปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น ซึ่งผู้เรียนจะต้องนำเสนอร่วมกันเป็นกลุ่ม และทุกคนใน ต้องนำเสนออย่างเท่าเทียมกัน ดังนั้นผู้เรียนจึงต้องมีการวางแผนแบ่งหน้าที่ในการ นำเสนอ เพื่อในผู้เรียนทุกคนได้มีบทบาทในการทำงาน และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนา ศิลปะในการสื่อสารเพื่อการอธิบายความคิดของตนเองจากนามธรรมสู่รูปธรรมที่ ออกมาเป็นผลงานที่ผู้เรียนได้สร้างขึ้น และกล้าที่จะตอบคำถาม แสดงความคิดเห็น หรือแนวคิดที่ตนเองค้นพบจากการเรียนรู้ให้กับครูและเพื่อนในชั้นเรียน มากไปกว่านั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษายังส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความคิดที่จะยอมรับ กับความจริง ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการทำงานของตนเอง สามารถเรียนรู้สิ่งที่

ผิดพลาด และพร้อมที่จะปรับปรุงแก้ไขต่อไปจนได้ชิ้นงานที่สมบูรณ์และมีคุณภาพ ทำให้ผู้เรียนเกิดความภาคภูมิใจ และมีความมั่นใจในตนเองที่สามารถแก้ไขปัญหาและสร้างชิ้นงานออกมาสำเร็จ

ประเด็นข้างต้นเป็นไปตามทฤษฎีการเรียนรู้ของ Dewey McDermott (1973) ที่กล่าวว่า การเรียนรู้ที่ดีเกิดได้เมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติและเรียนรู้ในสิ่งแวดล้อมจริง เกิดความสัมพันธ์โดยตรงกับสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ ผู้เรียนได้ค้นคว้า หาความรู้ด้วยตนเอง และได้ฝึกวางแผนการทำงาน ออกแบบชิ้นงานผ่านการทำงานร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม โดยครูเป็นผู้คอยสนับสนุนการเรียนรู้ของผู้เรียนและอำนวยความสะดวกในการทำกิจกรรมของผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกภาคภูมิใจในตนเองที่สามารถเอาชนะความท้าทาย และแก้ไขปัญหาได้สำเร็จ และเกิดความสัมพันธ์ที่ดีกับเพื่อนและครูผู้สอน ทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของธอร์นไดค์ (Thorndike, 1894 อ้างใน ทิศนา ขัมมณี, 2559) ในกฎแห่งความพอใจ (Law of Effect) ว่าหากผู้เรียนได้รับผลที่พึงพอใจย่อมเกิดแรงกระตุ้นในการเรียนต่อไป แต่ถ้าได้รับผลที่ไม่พึงพอใจผู้เรียนจะไม่อยากเรียนรู้ และขาดแรงจูงใจและการต่อต้านในการเรียนรู้ ดังนั้นการได้รับผลที่พึงพอใจ จะช่วยให้การจัดการเรียนรู้นั้นประสบความสำเร็จ

เมื่อพิจารณารายด้านพบว่าด้านที่มีค่าเฉลี่ยมากที่สุด คือ ด้านการแสดงออกต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะมีกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนทุกคนได้แสดงออกทางความคิด การพูด และการปฏิบัติลงมือทำ ซึ่งเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนได้พยายามดึงเอาความสามารถของตนเองออกมาใช้เพื่อเป็นประโยชน์แก่สมาชิกในกลุ่ม อีกทั้งกิจกรรมสะเต็มศึกษายังมีรูปแบบที่หลากหลาย โดยผู้เรียนแต่ละคนจะมีโอกาสได้แสดงความสามารถให้สมาชิกในกลุ่มและครูผู้สอนเห็น เมื่อผู้เรียนสามารถแสดงความสามารถได้ก็จะเป็นที่ยอมรับและได้รับความเคารพ (Esteem) แก่สมาชิกในกลุ่ม ซึ่งถือเป็นสิ่งที่ผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายให้ความสำคัญเป็นอย่างมากซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีลำดับขั้นความต้องการของมาสโลว์ (Maslow, 1960 อ้างใน ประภัสสร วัฒนา, 2560) และนำไปสู่การเกิดแรงจูงใจในการแสดงออกต่อการทำกิจกรรมต่าง ๆ

นอกจากนี้ในระหว่างการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาครูผู้สอนจะเป็นผู้ทำหน้าที่สนับสนุนความคิดของผู้เรียน คอยให้ปรึกษาและคำแนะนำต่าง ๆ เพื่อเติมเต็มความคิดที่ขาดหายของผู้เรียน ส่งเสริมให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม

หรือแสดงความคิดเห็นต่าง ๆ โดยที่ครูผู้สอนจะไม่ปิดกั้นทางความคิด และไม่ปฏิเสธคำตอบของผู้เรียนอย่างทันที แต่จะพยายามให้ผู้เรียนได้รับรู้และแสวงหาคำตอบด้วยตนเอง รวมทั้งกล่าวชื่นชมสิ่งที่ผู้เรียนกำลังปฏิบัติอยู่เพื่อเสริมแรงทางบวกให้ผู้เรียนเกิดความต้องการที่จะแสดงพฤติกรรมนั้นซ้ำอีก (Skinner, 1971) และกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายามมีส่วนร่วมในกิจกรรมอย่างเท่าเทียมกัน เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีบทบาทเท่ากัน และเกิดความรู้สึกว่าตนเองเป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินกิจกรรมของสมาชิกคนอื่น ซึ่งจะส่งผลให้ผู้เรียนไม่เกิดอคติกับกิจกรรมระดมสมองและรวมทั้งครูผู้สอนอีกด้วย ซึ่งช่วยเสริมสร้างความกล้าแสดงออกต่อกิจกรรมระดมสมองมากขึ้น และด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด คือ ด้านความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานั้นให้ผู้เรียนได้ทำงานกับสมาชิกในกลุ่ม มีการแบ่งหน้าที่และร่วมกันวิเคราะห์สถานการณ์และปัญหา ร่วมกันแสดงความคิดเห็น ออกแบบและสร้างชิ้นงานต่าง ๆ ซึ่งผู้เรียนไม่สามารถตัดสินใจหรือทำสำเร็จได้เพียงคนเดียว ในทุกกระบวนการของการทำงานเป็นกลุ่มผู้เรียนจึงมีโอกาสที่จะพบกับปัญหาอันเนื่องมาจากสมาชิกในกลุ่ม เช่น ความแตกต่างระหว่างพื้นฐานความรู้ ความสามัคคีของสมาชิกในกลุ่ม ความคิดเห็นที่แตกต่างกัน หรือความต้องการมีส่วนร่วมของสมาชิกในกลุ่มที่มีไม่เท่ากัน ซึ่งล้วนสร้างความเครียดแก่การทำงานและเป็นอุปสรรคที่ขัดขวางความสำเร็จของผู้เรียนได้ (Lewin, 1951) หากผู้เรียนไม่สามารถปรับตัวหรือไม่มีความรู้วิธีการจัดการกับสถานการณ์เหล่านี้ก็จะส่งผลให้การทำกิจกรรมสะเต็มศึกษานั้นไม่เกิดประสิทธิภาพ และกลับสร้างแรงกดดันและความเครียดให้แก่ตัวผู้เรียน ส่งผลให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกต่อต้านต่อการจัดการเรียนรู้

แม้ด้านความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด แต่ยังคงอยู่ในระดับปานกลางซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนนำเอาศิลปะศาสตร์มาใช้ ซึ่งรวมไปถึงศิลปะในการสื่อสาร ศิลปะในการวางตัวเมื่อต้องทำงานร่วมกับผู้อื่น เพื่อให้เกิดความประนีประนอมในการทำงาน และศิลปะในการแก้ไขปัญหาเพื่อสามารถหาแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลายทิศทางและเหมาะสม นอกจากนี้การทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาครูผู้สอนถือเป็นตัวแปรสำคัญที่มีต่อความรู้สึกของผู้เรียนเป็นอย่างมาก เพราะหากครูผู้สอนวางตัวให้ผู้เรียนสามารถเข้าถึงและให้คำปรึกษาเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นได้ จะทำให้ผู้เรียนเกิดความอุ่นใจและไม่เกิดความวิตกกังวลหรือความกดดันในการทำกิจกรรม รวมทั้งครูผู้สอนได้ส่งเสริมให้สมาชิกภายในกลุ่มพูดคุยสร้างความสัมพันธ์อันดีร่วมกัน (สุภัค

โอฬารพิริยกุล, 2562) สร้างจิตสำนึกในการทำงานภายในกลุ่มและเห็นใจซึ่งกันและกัน หากสมาชิกคนใดคนหนึ่งผิดพลาด หรือมีข้อบกพร่องที่อาจนำไปสู่ปัญหาในการทำงาน ในอนาคตจะต้องรีบปรับความเข้าใจและให้สมาชิกทุกคนในกลุ่มทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ทำให้ผู้เรียนไม่เกิดความรู้สึกว่าตนเองกำลังเผชิญกับปัญหาเพียงคนเดียว ซึ่งสามารถช่วยลดแรงกดดันในการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา และเพิ่มความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้

นอกจากนี้จากผลการวิจัยครั้งนี้ยังได้สอดคล้องกับมัสยา บัวผัน (2563) ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คิดเป็นร้อยละ 85.75 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับสถิติ .05 ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลักเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับสถิติ .05 เจตคติต่อการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด และสัมพันธ์กับพัฒมาธิสไวณี ตาเย๊ะ (2560) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

ด้วยเหตุดังกล่าวจึงทำให้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก

## ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

### 1. ข้อเสนอแนะในการนำผลวิจัยไปใช้

- 1.1 จากผลการวิจัย พบว่า ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 แสดงว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้ ดังนั้น ครูจึงสามารถนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปสอนในรายวิชาเคมีเรื่องอื่น ๆ เช่น ความเข้มข้นของสารละลาย ไฟฟ้าเคมี เป็นต้น
- 1.2 จากผลการวิจัย พบว่า เจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้านความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง แต่ก็ยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าประเด็นอื่น ซึ่งอาจเกิดจากการทำงานเป็นกลุ่มที่ผู้เรียนไม่สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาได้เพียงลำพัง และเกิดจากพื้นฐานความรู้ของผู้เรียนแต่ละคนมีไม่เท่ากัน ครูผู้สอนจึงต้องกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ช่วยกันคิดและหาแนวทางการแก้ปัญหาร่วมกัน สนับสนุนให้สมาชิกในกลุ่มของผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมและบทบาทในการทำกิจกรรม อาจมีการให้ความรู้ผู้เรียนระหว่างทำกิจกรรมและบอกแหล่งเรียนรู้ให้ผู้เรียนไปศึกษาเพิ่มเติม รวมทั้งคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำในระหว่างการทำงานของผู้เรียนเสมอ
- 1.3 จากผลการวิจัย พบว่า ในภาพรวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเฉลี่ยระหว่างเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้านการทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี แต่ก็ยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าประเด็นอื่น ดังนั้น ครูผู้สอนควรใช้คำถามกระตุ้นความสนใจ และให้ผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มเกิดความสงสัยและพยายามคิดหาคำตอบร่วมกัน ซึ่งครูผู้สอนต้องมีความใจเย็นในการตอบคำถามผู้เรียน ไม่รีบร้อนในการเฉลยคำตอบ หรือบอกแนวทางการแก้ปัญหาที่ตายตัว ต้องให้ผู้เรียนและสมาชิกในกลุ่มได้พยายามคิดหาคำตอบ เปิดกว้างรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และนำความคิดของสมาชิกในกลุ่มมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม
- 1.4 การวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ผู้เรียนบางคนมีความสับสน อาจเกิดจากวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีหลายขั้นตอน ครูผู้สอนจึงต้องมีการเตรียมการสอน

มาเป็นอย่างดี มีความแม่นยำในเรื่องของกิจกรรมที่ดำเนินการจัดแก่ผู้เรียนที่เป็นลำดับขั้นตอน ต้องเรียงลำดับการสอนผู้เรียนให้ถูกต้องต่อเนื่องเพื่อป้องกันการสับสนในเนื้อหาของรายวิชา และการดึงดูดความสนใจผู้เรียน ให้ผู้เรียนเกิดความรู้สึกอยากเรียนรู้

1.5 การวิจัยในครั้งนี้พบว่า มีบางกิจกรรมที่ใช้เวลานานไม่ตรงตามที่วางแผน เนื่องจากกิจกรรมมีหลายขั้นตอน แต่ละกิจกรรมเน้นการทำงานเป็นกลุ่ม ซึ่งต้องมีการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็นภายในกลุ่ม และมีการออกแบบแนวทางการแก้ไขปัญหาาร่วมกัน รวมทั้งการทดลองในห้องปฏิบัติการเคมีซึ่งใช้เวลาค่อนข้างมาก ครูผู้สอนต้องบริหารเวลาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้เป็นอย่างดี ต้องพยายามควบคุมชั้นเรียน และจัดการเวลา รวมทั้งให้ความยืดหยุ่นเรื่องเวลาแก่ผู้เรียนในการเข้ามาขอคำปรึกษาต่าง ๆ

## 2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากผลการวิจัย พบว่า คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (ร้อยละ 79.36) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 แต่อาจไม่ได้สูงมากกว่าเกณฑ์เท่าที่ควรนัก ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรมีการออกแบบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมให้มีความเหมาะสมของข้อคำถาม และเพิ่มเวลาการทำข้อสอบเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงคำตอบที่บ่งชี้ถึงความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมมากขึ้น

2.2 การวิจัยในครั้งนี้เป็นการใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของผู้เรียนเท่านั้น ดังนั้น จึงควรนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในการพัฒนาทักษะด้านอื่น ๆ ของผู้เรียน เช่น ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการใช้เทคโนโลยี ทักษะการทำงานเป็นทีม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ

2.3 การวิจัยในครั้งนี้มีการศึกษากลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียว ดังนั้น จึงอาจมีการเปรียบเทียบวิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับวิธีการจัดการเรียนรู้แบบอื่น เพื่อนำผลวิจัยไปใช้พัฒนาการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี และเป็นแนวทางให้ครูผู้สอนเลือกใช้วิธีการสอนที่เหมาะสมกับผู้เรียน

## บรรณานุกรม

- Aguilera, D. and Ortiz–Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM education and student creativity: A systematic literature review. **Education Sciences**, 11(7), 331.
- Anthony, S. D. (2012). **The little black book of innovation: How it works, how to do it**. Boston, MA: Harvard Business Review Press.
- Bellanca, J. A. (2010). **21st century skills: Rethinking how students learn**. Bloomington, Indiana: Solution tree press.
- Bruner, L. S. (1969). **The process of education**. Massachusetts: Hayward University Press Cambridge.
- Catalina Foothills School District. (2018). **SYSTEMS THINKING RUBRIC GRADES 6–8**. Retrieved December 10, 2021, from <https://www.johnstonmike.com/wp-content/uploads/2020/04/st-rubric-g6-8.pdf>
- Conradty, C., Sotiriou, S. A. and Bogner, F. X. (2020). How Creativity in STEAM Modules Intervenes with Self–Efficacy and Motivation. **Education Sciences**, 10(3), 70.
- Dewey, J. and McDermott, e. w. (1973). **The Philosophy of John Dewey**. New York: Putnam Sons.
- Gagne, R. M. (1977). **The Conditions of Learning and Theory of Instruction**. New York: Rincher and Winstin.
- Good, C. V. (1973). **Dictionary of Education**. New York: Holt Rinehart and Winston.
- Jho, H., Hong, O. and Song, J. (2016). An Analysis of STEM/STEAM Teacher Education in Korea with a Case Study of Two Schools from a Community of Practice Perspective. **Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education**, 12(7), 1843–1862.
- Katchwattana, P. (2019). จาก ‘STEM สู่ STEAM’ เจาะแผนปั้นมัธยมศึกษาต้นแบบความหวังใหม่สร้างเยาวชนคุณภาพป้อนภาคอุตสาหกรรมไทย. Retrieved February 13, 2022, from <https://www.salika.co/2019/09/25/from-stem-to-steam-highschool-education/>.

- Kim, D.-H., Ko, D. G., Han, M.-J. and Hong, S.-H. (2014). The Effects of Science Lessons Applying STEAM Education Program on the Creativity and Interest Levels of Elementary Students. **Journal of The Korean Association For Science Education**, 34(1).
- Lewin, K. (1951). **Field theory in social science**. New York: Harper & Brothers.
- Liliawati, W., Rusnayati, H., Purwanto and Aristantia, G. (2018). Implementation of STEAM education to improve mastery concept. In **IOP Conference Series: Materials Science and Engineering** (pp 012148).
- Marmon, M. (2019). **STEAM Education**. New York: Springer Cham.
- Maslow, A. H. (1943). **A Theory of Human Motivation” Psychological Review**. Retrieved February 20, 2022, from <https://docs.google.com/file/d/0B-5JeCa2Z7hNjZINDNhOTEtMWnKyI00YmFhLWI3YjUtMDEyMDJkZDExNWRm/edit>
- Messier, N. (2015). **The How’s and Why’s of Going ‘Full STEAM Ahead’ In Your Classroom**. Retrieved February 13, 2022, from <https://www.edsurge.com/news/2015-05-18-the-how-s-and-why-s-of-going-full-steam-ahead-in-your-classroom>
- Mun, K. (2022). Aesthetics and STEAM education: the case of Korean STEAM curricula at the art high school. **International Journal of Science Education**, 44(5), 854–872.
- Papert, S. and Harel, I. (1991). Situating constructionism. **Constructionism**, 36(2), 1–11.
- Park, N. (2014). The Development of STEAM Career Education Program using Virtual Reality Technology. **Life Science Journal**, 11(7), 676–679.
- Partnership for 21st Century Learning. (2009). **P21 Framework Definitions**. Retrieved April 3, 2022, from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED519462.pdf>
- Perignat, E. and Katz-Buonincontro, J. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. **Thinking skills and creativity**, 31, 31–43.
- Piaget, J. (1963). **The origins of intelligence in children**. New York: W.W. Norton & Company.
- Piirto, J. (2011). **Creativity for 21st Century Skills: How to Embed Creativity Into the Classroom**. Netherlands: Sense Publishers.

- Renzulli, J. S. and De Wet, C. F. (2010). Developing Creative Productivity in Young People through the Pursuit of Ideal Acts of Learning. **Learning and Individual Differences**, 20(4), 308–317.
- Riley, S. (2016). **6 Steps to Creating a STEAM Classroom**. Retrieved March 15, 2022, from <https://artsintegration.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom/>
- Skinner, B. F. (1971). **Beyond freedom and dignity**. New York: Random House.
- Thorndike, E. L. (1932). **The fundamentals of learning**. New York: Teachers College, Columbia University.
- Thurstone, L. L. (1967). **Reading in Attitude Theory and Measurement**. New York: John Wiley and Sons.
- Triandis, H. C. (1971). **Attitude and Attitude Change**. New York: John Wiley and Sons.
- Trilling, B. and Fadel, C. (2009). **21st century skills: Learning for life in our times**. New York: John Wiley & Sons.
- Tyler, R. W. (1949). **Basic principles of curriculum and instruction**. Chicago: University of Chicago Press.
- World Economic Forum. (2020). **These are the top 10 job skills of tomorrow – and how long it takes to learn them**. Retrieved January 3, 2024, from <https://www.weforum.org/agenda/2020/10/top-10-work-skills-of-tomorrow-how-long-it-takes-to-learn-them/>
- Yakman, G. (2008). **STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education**. Retrieved December 10, 2021, from [https://www.researchgate.net/publication/327351326\\_STEAM\\_Education\\_an\\_overview\\_of\\_creating\\_a\\_model\\_of\\_integrative\\_education](https://www.researchgate.net/publication/327351326_STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education)
- Yakman, G. (2010). **What is the point of STE@M?–A Brief Overview**. Retrieved December 10, 2021, from [https://www.researchgate.net/publication/327449281\\_What\\_is\\_the\\_point\\_of\\_STEAM-A\\_Brief\\_Overview](https://www.researchgate.net/publication/327449281_What_is_the_point_of_STEAM-A_Brief_Overview)
- Yakman, G. and Lee, H. (2012). Exploring the exemplary STEAM education in the US as a practical educational framework for Korea. **Journal of The Korean Association**

For Science Education, 32(6), 1072–1086.

กมลรัตน์ นทีสินทรัพย์, ศุภิกานต์ ลบบำรุง และพีรพงศ์ บุญฤกษ์. (2565). การศึกษาปัญหาความวิตกกังวลและเจตคติในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารสหวิทยาการวิจัยและนวัตกรรมการศึกษา*, 1(2), 13–24.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2545). *แนวทางการวัดและประเมินผลการเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 3): ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. ๒๕๖๐ – ๒๕๗๙* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: บริษัท พรินทวามกราฟฟิค จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2562). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542*. สืบค้นเมื่อ 17 ธันวาคม 2566, จาก <https://www.moe.go.th/backend/wp-content/uploads/2020/10/1.%E0%B8%9E%E0%B8%A3%E0%B8%B0%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%8A%E0%B8%9A%E0%B8%B1%E0%B8%8D%E0%B8%8D%E0%B8%B1%E0%B8%95%E0%B8%B4%E0%B8%81%E0%B8%B2%E0%B8%A3%E0%B8%A8%E0%B8%B6%E0%B8%81%E0%B8%A9%E0%B8%B2%E0%B9%81%E0%B8%AB%E0%B9%88%E0%B8%87%E0%B8%8A%E0%B8%B2%E0%B8%95%E0%B8%B4-%E0%B8%9E.%E0%B8%A8.2542-%E0%B8%89.%E0%B8%AD%E0%B8%B1%E0%B8%9E%E0%B9%80%E0%B8%94%E0%B8%97.pdf>

กระทรวงศึกษาธิการ. (2565). *INFOGRAPHIC ความสำคัญของการจัดกระบวนการเรียนรู้ด้วย STEAM Education*. สืบค้นเมื่อ 3 ธันวาคม 2566, จาก <https://moe360.blog/2022/09/09/steam-education/>

กองบริหารงานวิจัยและประกันคุณภาพการศึกษา. (2559). *พิมพ์เขียว Thailand 4.0 โมเดลขับเคลื่อนประเทศไทยสู่ความมั่นคง มั่งคั่ง และยั่งยืน*. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2564, จาก <https://waa.inter.nstda.or.th/stks/pub/2017/20171114-draeqa-blueprint.pdf>

- การจัดสะเต็มศึกษาในโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ (องค์การมหาชน). (2559). **How MWITS Drive STEM ?**. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2564, จาก <https://stem.mwit.ac.th/stem-driving/>
- กิตติ กิตติศัพท์. (2547). การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment). **วารสารโรงเรียนนายเรือ**, 4(4), 8-18.
- คณะกรรมการเครือข่ายพลังเยาวชนเพื่อการปฏิรูป. (2554). **คู่มือฉบับพกพา “ปฏิรูปการศึกษาไทย”** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: พรินท์ ซิตี้.
- จรรยาพงศ์ ชลสินธุ์. (2561). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่ส่งเสริมสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ. **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร**, 20(2), 32-46.
- จันทร์สม วรกิจพูนผล. (2555). **การสร้างแผนการเรียนรู้สาระประวัติศาสตร์ โดยใช้วิธีสอนแบบสตอรี่ไลน์เพื่อพัฒนาทักษะการคิด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนวัฒโนทัยพายัพ**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- จุฬาลักษณ์ เทียนรุ่งรัมย์ และรัตนา ศรีสวัสดิ์. (2562). **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนิสิตคณะการแพทย์แผนไทยอภัยภูเบศร มหาวิทยาลัยบูรพา**. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2565 จาก [https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/4356/1/2565\\_056.pdf](https://buuir.buu.ac.th/bitstream/1234567890/4356/1/2565_056.pdf)
- ชนกันนท์ กันทะวงศ์. (2561). **การใช้รูปแบบการสอนตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึมเพื่อส่งเสริมความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ วิชาคอมพิวเตอร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดาราวิทยาลัย**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- ชาญชัย สิทธิโชติ. (2560). **การพัฒนาโมเดลปัจจัยเชิงสาเหตุที่มีอิทธิพลต่อความทุ่มเทในการจัดการเรียนรู้ของข้าราชการครู สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ**. กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ทิตนา แคมมณี. (2554). **ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ** (พิมพ์ครั้งที่ 14). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ธัญชนก ทาระเนตร. (2564). **ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่อง เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- ธีระยุทธ โพธิ์ทอง. (2557). **ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง**. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2565, จาก <https://sites.google.com/site/thirayutg22/thvsdi-kar-reiyn-ru/thvsdi-kar-srang-xngkh-khwam-ru-dwy-tnxeng>
- นิพัทธ์ กิตติพัฒน์มนตรี. (2560). **เจตคติที่มีต่อตนเองด้านวินัยในห้องเรียนความขยันอดทน และแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 / 4**. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2565, จาก [http://www.ska2.go.th/reis/data/research/25630223\\_103503\\_4868.pdf](http://www.ska2.go.th/reis/data/research/25630223_103503_4868.pdf)
- นิภา ศรีไพโรจน์. (2533). **สถิตินิพนพาราเมตริก** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพมหานคร: โอเดียนสโตร์.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2553). **การวิจัยเบื้องต้น** (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- บุญนาค ภูกิจหิน. (2554). **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นกับปกติ**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- บุญเลิศ คณาชนสาร. (ม.ป.ป.). **Constructionism**. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2565, จาก <https://www.nairienroo.com/constructionism/>
- เบญจวรรณ ถนอมชยธวัช, ผ่องศรี วาณิชย์ศุภวงศ์, วุฒิชัย เนียมเทศ และณัฐวิทย์ พจนตันติ. (2559). **ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21: ความท้าทายในการพัฒนานักศึกษา**. **วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้**, 3(2), 208–222.
- ประทีป คงเจริญ. (2564). **ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม: คุณลักษณะสำคัญของพลโลกในยุคเศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม**. **วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธนบุรี**, 15(3), 165–177.
- ประพันธ์ศิริ สุเสารัจ. (2556). **การพัฒนาคณิตศาสตร์**. กรุงเทพมหานคร: เทคนิคพรินต์ติ้ง.
- ประภัสสร วัฒนา. (2560). **แนวความคิดมนุษยนิยมของมาสโลว์ (Maslow) และ**

**แนวความคิดอัตถิภาวนิยมของฌอง ปอล ซาร์ตร์ (Jean Paul Sartre) ที่ปรากฏผ่านนวนิยายเรื่อง “วันหนึ่งในชีวิตของอีวาน เดนิโซวิช”.** วิทยานิพนธ์ ศศ.บ., มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพมหานคร.

ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต และวิภาวี ทะนานทอง. (2561). การเปรียบเทียบผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (5E) เรื่อง ปฏิกริยาเคมี สำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 9(2), 119–131.

ผกาพรรณ วัฒนนาม, อุษาปราบหงษ์ และสำราญ กำจัดภัย. (2564). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) ในรายวิชาการสร้างสื่อการเรียนรู้คณิตศาสตร์สำหรับนักศึกษาหลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร. **วารสารสังคมศาสตร์และมนุษยวิทยาเชิงพุทธ**, 6(9), 82–97.

พงศกร พรหมทา. (2561). **การพัฒนากิจกรรมสเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี: ผ่าฝายกันน้ำ เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.** วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพมหานคร.

พรทิพย์ สังเกต. (2564). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 7).** กรุงเทพมหานคร: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พลธร วงศ์ชาตรี. (2562). **การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5.** วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

พันธิการ์ วัฒนกุล และสุรศักดิ์ มั่งสิงห์. (2558). ความรู้พื้นฐานและทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. **วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย**, 4(1), 84–94.

พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2547). **ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2).** กรุงเทพมหานคร: เฮาออฟเคอร์มีส.

- ภัทรา นิคมานนท์. (2539). **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการวิจัย**. กรุงเทพมหานคร: อักษรการพิมพ์.
- ภัสสร ติตมา, มลิวรรณ นาคนันท และสิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่องระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. **วารสารราชพฤกษ์**, 13(3), 71–76.
- ภาววิ สือประเสริฐสิทธิ์. (2561). **การสร้างชุดการเรียนรู้บูรณาการอาชีวศึกษาหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง เครื่องมือและปรากฏการณ์ทางภูมิศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามแนวทฤษฎีการสร้างสรรค์ด้วยปัญญา**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยบูรพา
- ภิญโญ วงษ์ทอง. (2563). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM Education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**, 10(1), 94–112.
- มัธยา บัวผัน. (2563). **ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม (STEAM) ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ และเจตคติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- มาลีรัตน์ ภูเกิด, นวลจิตต์ เขาวีร์ติพงศ์ และสุทธิดา จำรัส. (2562). เจตคติและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่องสมดุลเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษาพัฒนาการ อุบลราชธานี. **วารสารบัณฑิตศึกษา**, 16(75), 109–117.
- รัชฎาภรณ์ จันทร์ทอง. (2562). การใช้ STEAM Education พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. **วารสารพัฒนศิลป์วิชาการ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์ กระทรวงวัฒนธรรม**, 3(1), 115–130.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). **เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา** (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพมหานคร: สุวีริยาสาส์น.
- วาสนา จ่างโพธิ์. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎี Constructionism เพื่อส่งเสริมทักษะการเขียนภาษาอังกฤษเชิงสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารเทคโนโลยีและสื่อสารการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม**, 2(4), 74–85.

- วิจารณ์ พานิช. (2555). **วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ ในศตวรรษที่ 21** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิจารณ์ พานิช. (2556). **วิธีสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิจารณ์ พานิช. (2558). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. **วารสารนวัตกรรมการเรียนรู้**, 1(2), 3-14.
- วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล. (2562). **การพัฒนาทักษะสร้างสรรค์นวัตกรรม** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: ศูนย์ผู้นำนวัตกรรมหลักสูตรและการเรียนรู้.
- วิชัย วงษ์ใหญ่ และมารุต พัฒผล. (2563). **การเรียนรู้เชิงสร้างสรรค์** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.
- วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: การพัฒนาการรับรู้ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก. **วารสารครุศาสตร์**, 45(1), 320-334.
- ศิริกมล ตาน้อย และธีรภัทร์ เคารยะนันท์. (2566). **Constructionism – ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง**. สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2565, จาก <https://mappalearning.co/constructionism/>
- ศิริลักษณ์ อิศนพงษ์, ภัทรภร ชัยประเสริฐ และสมศิริ สังข์หลพ. (2563). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. **วารสารศึกษาศาสตร์ มมร**, 9(1), 37-47.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2561). ผลการประเมิน PISA 2018 **การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์**. สืบค้นเมื่อ 23 พฤศจิกายน 2565, จาก <https://drive.google.com/file/d/1XwOytXlWbR6SJQI3s54wvyBXxqmhlZz1/view>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.). (2559). **สะเต็มศึกษา**. สืบค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2566, จาก [https://www.fth1.com/uppic/46100817/news/46100817\\_1\\_20160616-091400.pdf](https://www.fth1.com/uppic/46100817/news/46100817_1_20160616-091400.pdf)
- สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. **นิตยสาร สสวท.**, 42(189), 7-10.
- สมชาย รัตนทองคำ. (2554). **การวัดและประเมินผลทางการศึกษา**. สืบค้นเมื่อ 18 ธันวาคม 2566, จาก <https://ams.kku.ac.th/aalearn/resource/edoc/tech/54/13eva.pdf>
- สมโภชน์ อเนกสุข. (2559). **การวิจัยทางการศึกษา** (พิมพ์ครั้งที่ 8). ชลบุรี: มหาวิทยาลัย

บุรพา.

สยมพร ศรีมุงคุณ. (2554). **ทฤษฎีเกี่ยวกับการเรียนรู้**. สืบค้นเมื่อ 24 กุมภาพันธ์ 2565, จาก <https://www.gotoknow.org/posts/341272>

สรัญญา เนตรธานนท์. (2563). กระบวนการเสริมสร้างการคิดวิเคราะห์สร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ด้วยปัญญา. **วารสารสหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี**, 6(3), 20–31.

สรัญญา เนตรธานนท์. (2563). กระบวนการเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์สร้างสรรค์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสร้างสรรค์ด้วยปัญญา. **วารสารสหศาสตร์ศรีปทุม ชลบุรี**, 6(3).

สายใจ คุณบัวลา. (2558). **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคอมพิวเตอร์แอนิเมชันเบื้องต้น และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่สอนโดยใช้ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน**. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.

สำราญ กำจัดภัย. (2559). การประเมินตามสภาพจริงในชั้นเรียน. **วารสารวิชาการหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร**, 8(23), 237–245.

สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน. (2560). **การคิดเชิงสร้างสรรค์**. สืบค้นเมื่อ 14 ธันวาคม 2565, จาก <https://www.ocsc.go.th/sites/default/files/document/ocsc-2017-eb13.pdf>

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.). (2565). **ผลการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขัน ประจำปี 2565 โดย IMD (2022 IMD World Competitiveness Ranking)**. สืบค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2566, จาก [https://www.nstda.or.th/home/knowledge\\_post/imd-competitiveness-ranking-2022/](https://www.nstda.or.th/home/knowledge_post/imd-competitiveness-ranking-2022/)

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2550). **การจัดการเรียนรู้แบบสร้างองค์ความรู้**. กรุงเทพมหานคร: ชุมชมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. สืบค้นเมื่อ 15 สิงหาคม 2565,

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2556). **ถอดบทเรียนการพัฒนาการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา (Constructionism) ของสถานศึกษา ชุมชน ภาคธุรกิจและอุตสาหกรรม (พิมพ์ครั้งที่ 1)**. กรุงเทพมหานคร: สำนักมาตรฐานการศึกษาและพัฒนาการเรียนรู้.

สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2560). **แผนการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2560 – 2579**

- (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: บริษัทพริกหวานกราฟฟิค จำกัด.
- สิทธิพล อาจอินทร์, อังคณา ตุงคะสมิต, จตุภูมิ เขตจัตุรัส และดาวรุตวรรณ ถวิลการ. (2562). การพัฒนาครูด้านการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ของนักเรียนในศตวรรษที่ 21. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 42(2), 109–124.
- สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 17(2), 201–207.
- สุชิน เพ็ชรภักย์. (2544). รายงานผลการวิจัยการจัดกระบวนการเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วย **ปัญญาในประเทศไทย (Constructionism in Thailand)** (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร: สถาบันเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาแห่งชาติ.
- สุทธิวรรณ ตันติรจนาวงศ์. (2560). ทิศทางการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 10(2), 2843–2854.
- สุธิดา การิมี่. (2560). การใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อเสริมสร้างความคิด **สร้างสรรค์และทักษะการแก้ปัญหา**. สืบค้นเมื่อ 17 กุมภาพันธ์ 2565, จาก <http://designtechnology.ipst.ac.th/wp-content/uploads/sites/83/2018/10/Mag-209.pdf>
- สุบิน ยะราช. (2565). ทำไมต้องลิเคิร์ต ?. *วารสารนวัตกรรมและการจัดการ*, 7(1), 152–165.
- สุปราณี ชมจุมจัง. (2565). STEM to STEAM: นวัตกรรมการสอนทางศิลปศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 16(3), 7–22.
- สุพรรณษา กล้ารอด. (2551). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เรื่องปรากฏการณ์ ลมฟ้าอากาศ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีพหุปัญญาและการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- สุภัค โอฬารพิริยกุล. (2562). STEAM EDUCATION: นวัตกรรมการศึกษาบูรณาการสู่การจัดการเรียนรู้. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร*, 9(1), 1–16.
- สุรางค์ ไควตระกูล. (2545). *จิตวิทยาการศึกษา*. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวรรณโณ ยอดเทพ. (2562). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยการสอนแบบการสืบเสาะหา

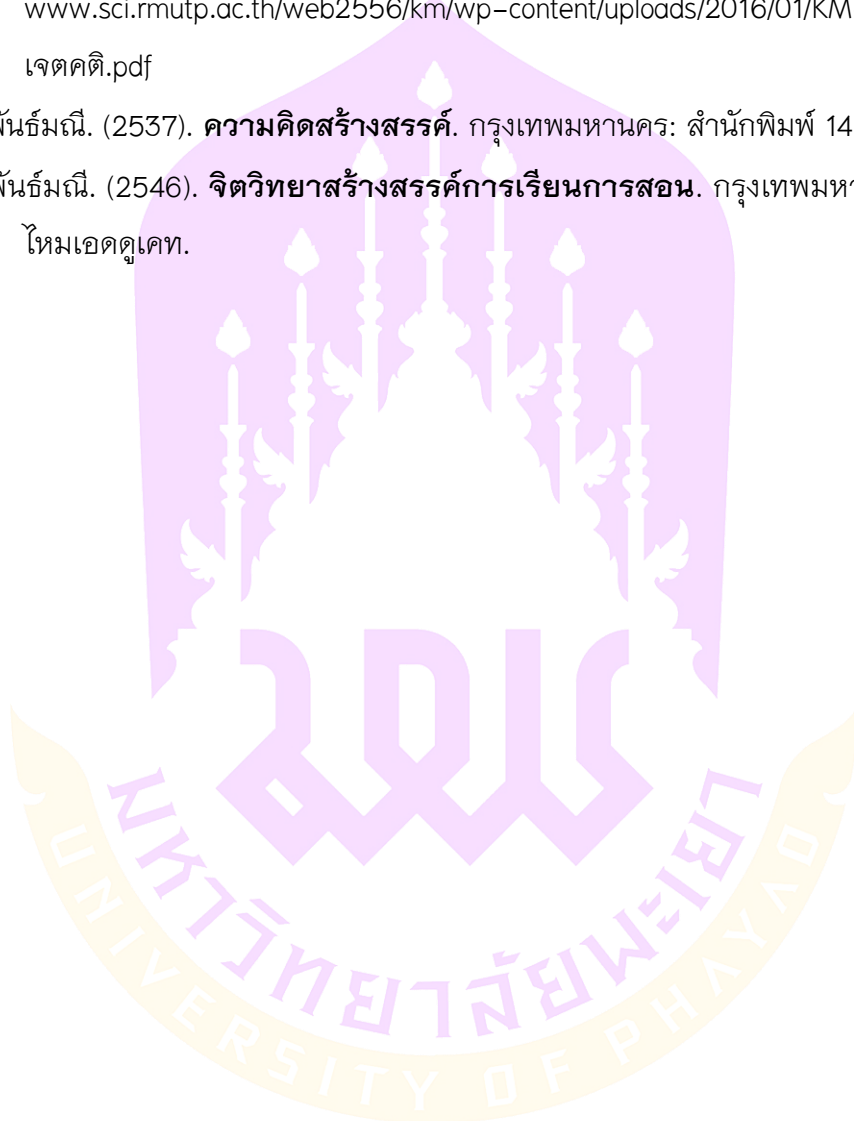
**ความรู้แบบ 5 Es.** วิทยานิพนธ์ ศศ.ม., มหาวิทยาลัยหาดใหญ่, สงขลา.

อรนุช ศรีสะอาด. (2561). Self-Assessment. **วารสารการวัดผลการศึกษามหาวิทยาลัยมหาสารคาม**, 17(2).

อริสรา จรูญธรรม. (2559). **มาตรวัดเจตคติ**. สืบค้นเมื่อ 2 ธันวาคม 2566, จาก [www.sci.rmutp.ac.th/web2556/km/wp-content/uploads/2016/01/KM-59-178มาตรวัดเจตคติ.pdf](http://www.sci.rmutp.ac.th/web2556/km/wp-content/uploads/2016/01/KM-59-178มาตรวัดเจตคติ.pdf)

อารี พันธุ์ณี. (2537). **ความคิดสร้างสรรค์**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ 1412.

อารี พันธุ์ณี. (2546). **จิตวิทยาสร้างสรรค์การเรียนการสอน**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ไวยไหมเอ็ดดูเคท.



ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และแบบวัดเจตคติที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. นางศรียา สายซอ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนเมืองแพร์ อำเภอมืองแพร์ จังหวัดแพร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแพร์
2. นางกุลยาภรณ์ กาญจนะ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสูงเม่นชนูปถัมภ์ อำเภอสูงเม่น จังหวัดแพร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาแพร์
3. นางนิรมัย รักวิชา ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนนาริรัตน์จังหวัดแพร์ อำเภอมืองแพร์ จังหวัดแพร์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาแพร์





ที่ อว ๗๓๒๘/๐๓๘๐

มหาวิทยาลัยพะเยา  
ตำบลแม่กา อำเภอเมือง  
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๓๑ มีนาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นิสิตเข้าเก็บข้อมูลเพื่อทดสอบการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองแพร่

ด้วย นางสาววิศยา สันคม รหัสประจำตัวนิสิต ๖๔๒๐๕๖๙๒ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา กองสอน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยาลัยการศึกษา จึงขอความอนุเคราะห์ให้นิสิตเข้าทำการเก็บข้อมูลในโรงเรียนของท่าน เพื่อดำเนินการทดสอบหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม และนำข้อมูลไปใช้ในการศึกษา เรื่องดังกล่าว วิทยาลัยการศึกษา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์ จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รักชิต สุทธิพงษ์)  
คณบดีวิทยาลัยการศึกษา

งานวิชาการ วิทยาลัยการศึกษา  
โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๓๗๗๗  
โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๑



ที่ อว ๗๓๒๘/๐๔๐๑

มหาวิทยาลัยพะเยา  
ตำบลแม่กา อำเภอเมือง  
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๗ เมษายน ๒๕๖๖

เรื่อง ขออนุมัติขอความเห็นชอบข้อมูลวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนเมืองแพร่

ด้วย นางสาวอวิสา สันคม รหัสประจำตัวนิสิต ๖๔๒๐๕๖๙๒ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่งทิวา กองสอน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยาลัยการศึกษา จึงขออนุมัติขอความเห็นชอบให้ นิสิตเข้าเก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยในโรงเรียนของท่าน เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการศึกษาเรื่องดังกล่าว วิทยาลัยการศึกษา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ มา ณ โอกาสนี้ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รักชิต สุทธิพงษ์)  
คณบดีวิทยาลัยการศึกษา

งานวิชาการ วิทยาลัยการศึกษา  
โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๓๗๗  
โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๑

ที่ อว ๗๓๒๘/ว ๐๑๙๘



วิทยาลัยการศึกษา  
มหาวิทยาลัยพะเยา  
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองฯ  
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรียน นางสาวศรียา สายซอ

ด้วย นางสาวอวิศยา สันคม นิสิตปริญญาโท ชั้นปีที่ ๒ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา กองสอน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยาลัยการศึกษา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในหัวข้อการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รักชิต สุทธิพงษ์)  
คณบดีวิทยาลัยการศึกษา

ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการศึกษา

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๓๗๑

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๙๑

ที่ อว ๗๓๒๘/ว ๐๑๙๘



วิทยาลัยการศึกษา  
มหาวิทยาลัยพะเยา  
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองฯ  
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรียน นางกุลยาภรณ์ กาญจนะ

ด้วย นางสาวอศิยา สันคม นิสิตปริญญาโท ชั้นปีที่ ๒ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา กองสอน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยาลัยการศึกษา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในหัวข้อการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รักษิต สุทธิพงษ์)  
คณบดีวิทยาลัยการศึกษา

ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการศึกษา  
โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๓๗๑  
โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๔๑

ที่ อว ๗๓๒๘/ว ๐๑๔๘



วิทยาลัยการศึกษา  
มหาวิทยาลัยพะเยา  
ตำบลแม่กา อำเภอเมืองฯ  
จังหวัดพะเยา ๕๖๐๐๐

๒๑ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

เรียน นางนิรมัย รักวิชา

ด้วย นางสาววิศยา สันคม นิสิตปริญญาโท ชั้นปีที่ ๒ สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน วิทยาลัยการศึกษา มหาวิทยาลัยพะเยา ได้ทำการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง “การพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย” เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. รุ่งทิวา กองสอน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

วิทยาลัยการศึกษา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า ท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในหัวข้อการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ จะขอบคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.รักชิต สุทธิพงษ์)  
คณบดีวิทยาลัยการศึกษา

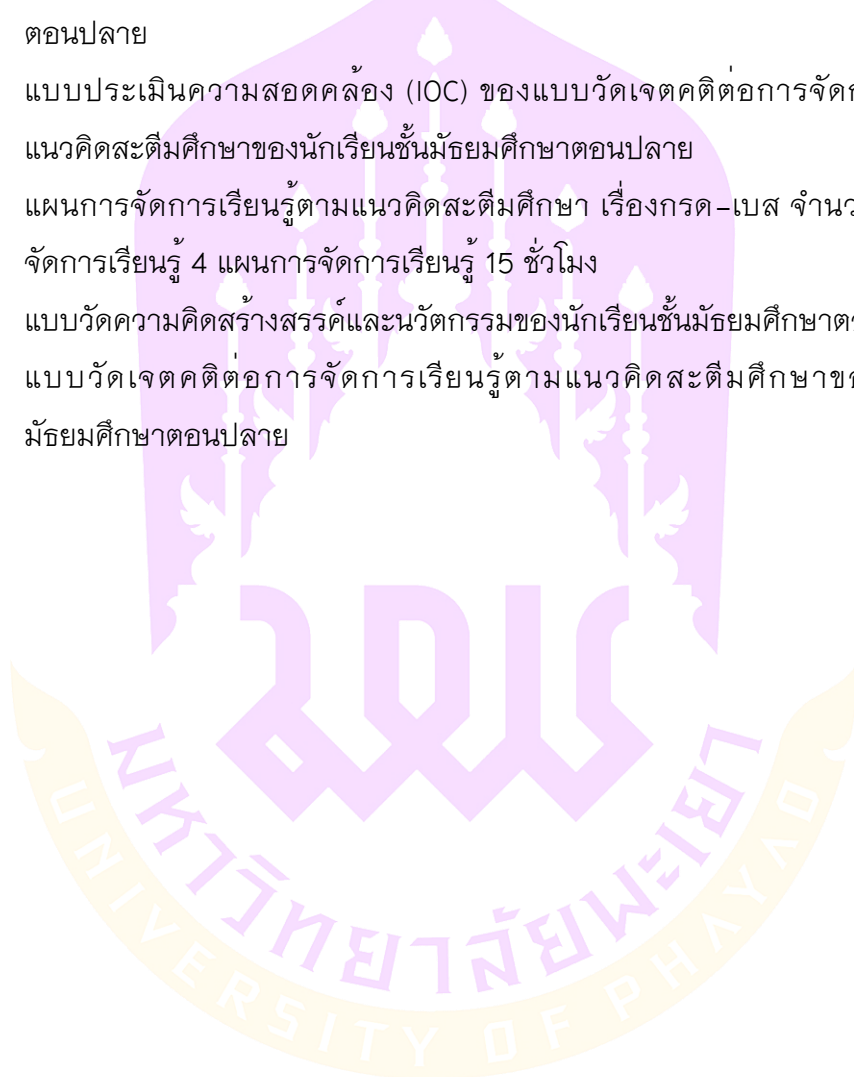
ฝ่ายวิชาการและนวัตกรรมการศึกษา

โทร. ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๖๖ ต่อ ๑๓๗๑

โทรสาร ๐ ๕๔๔๖ ๖๖๙๑

## ภาคผนวก ข เครื่องมือวิจัย

1. แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง กรด-เบส
2. แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
4. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส จำนวน 1 หน่วยการจัดการเรียนรู้ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง
5. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
6. แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



1. แบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
เรื่องกรด-เบส

แบบประเมินค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
เรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นที่เป็นจริงของท่านมากที่สุดและโปรดตอบทุกข้อ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

|       |   |                           |
|-------|---|---------------------------|
| คะแนน | 5 | หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด  |
| คะแนน | 4 | หมายถึง เหมาะสมมาก        |
| คะแนน | 3 | หมายถึง เหมาะสมปานกลาง    |
| คะแนน | 2 | หมายถึง เหมาะสมน้อย       |
| คะแนน | 1 | หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด |

| รายการประเมิน                                                                                       | ระดับความเหมาะสม |   |   |   |   | ข้อเสนอแนะ |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|------------|
|                                                                                                     | 1                | 2 | 3 | 4 | 5 |            |
| 1. ผลการเรียนรู้                                                                                    |                  |   |   |   |   |            |
| 1.1 ตรงตามหลักสูตร<br>แกนกลางการศึกษาขั้น<br>พื้นฐาน พุทธศักราช<br>2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.<br>2560) |                  |   |   |   |   |            |
| 2. สาระสำคัญ                                                                                        |                  |   |   |   |   |            |
| 2.1 ถูกต้อง เหมาะสมกับ<br>ระดับของนักเรียน                                                          |                  |   |   |   |   |            |
| 2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจ<br>ง่าย                                                                 |                  |   |   |   |   |            |
| 3. สาระการเรียนรู้                                                                                  |                  |   |   |   |   |            |
| 3.1 เหมาะสมกับระดับของ<br>นักเรียน                                                                  |                  |   |   |   |   |            |

|                                                                                                                                                     |  |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 3.2 ถูกต้อง สอดคล้องกับ<br>สาระการเรียนรู้แกนกลาง<br>การศึกษาขั้นพื้นฐาน<br>พุทธศักราช 2551 (ฉบับ<br>ปรับปรุง พ.ศ. 2560)                            |  |  |  |  |  |  |
| 3.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์<br>การเรียนรู้                                                                                                            |  |  |  |  |  |  |
| 4. จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                            |  |  |  |  |  |  |
| 4.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถ<br>วัดและประเมินได้ชัดเจน                                                                                                 |  |  |  |  |  |  |
| 4.2 ครอบคลุมผลการเรียนรู้                                                                                                                           |  |  |  |  |  |  |
| 4.3 สอดคล้องกับสาระการ<br>เรียนรู้หลักสูตรแกนกลาง                                                                                                   |  |  |  |  |  |  |
| 4.4 ขอความชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                                                         |  |  |  |  |  |  |
| 5. ชิ้นงาน/ภาระงาน                                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการ<br>เรียนรู้และจุดประสงค์<br>การเรียนรู้                                                                                        |  |  |  |  |  |  |
| 5.2 สอดคล้องกับการส่งเสริม<br>ความคิดสร้างสรรค์และ<br>นวัตกรรมของนักเรียน                                                                           |  |  |  |  |  |  |
| 5.3 เหมาะสมกับระดับของ<br>นักเรียน                                                                                                                  |  |  |  |  |  |  |
| 6. กิจกรรมการเรียนรู้                                                                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| 6.1 สอดคล้องกับขั้นตอนการ<br>จัดการเรียนรู้ตามแนวคิด<br>สะเต็มศึกษา ได้แก่ ระบุ<br>สถานการณ์ (Focus)<br>วิเคราะห์สถานการณ์<br>(Detail) ศึกษาค้นคว้า |  |  |  |  |  |  |

|                                                                                                        |  |  |  |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| (Discovery) ขั้นประยุกต์<br>(Application) นำเสนอ<br>(Presentation) และ<br>ประเมินและปรับปรุง<br>(Link) |  |  |  |  |  |  |
| 6.2 สอดคล้องกับผลการ<br>เรียนรู้และจุดประสงค์<br>การเรียนรู้                                           |  |  |  |  |  |  |
| 6.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ                                                                               |  |  |  |  |  |  |
| 7. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้                                                                     |  |  |  |  |  |  |
| 7.1 ช่วยประหยัดเวลาในการ<br>สอน                                                                        |  |  |  |  |  |  |
| 7.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์<br>การเรียนรู้                                                               |  |  |  |  |  |  |
| 7.3 กระตุ้นให้การสอนบรรลุ<br>วัตถุประสงค์การเรียนรู้                                                   |  |  |  |  |  |  |
| 7.4 นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ<br>จริง                                                                    |  |  |  |  |  |  |
| 8. การวัดและประเมินผล                                                                                  |  |  |  |  |  |  |
| 8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์<br>การเรียนรู้                                                               |  |  |  |  |  |  |
| 8.2 สอดคล้องกับผลการ<br>เรียนรู้และสาระการ<br>เรียนรู้                                                 |  |  |  |  |  |  |
| 8.3 วิธีการวัดผลเหมาะสมกับ<br>นักเรียน                                                                 |  |  |  |  |  |  |
| 8.4 เครื่องมือวัดผลเหมาะสม<br>กับนักเรียน                                                              |  |  |  |  |  |  |

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

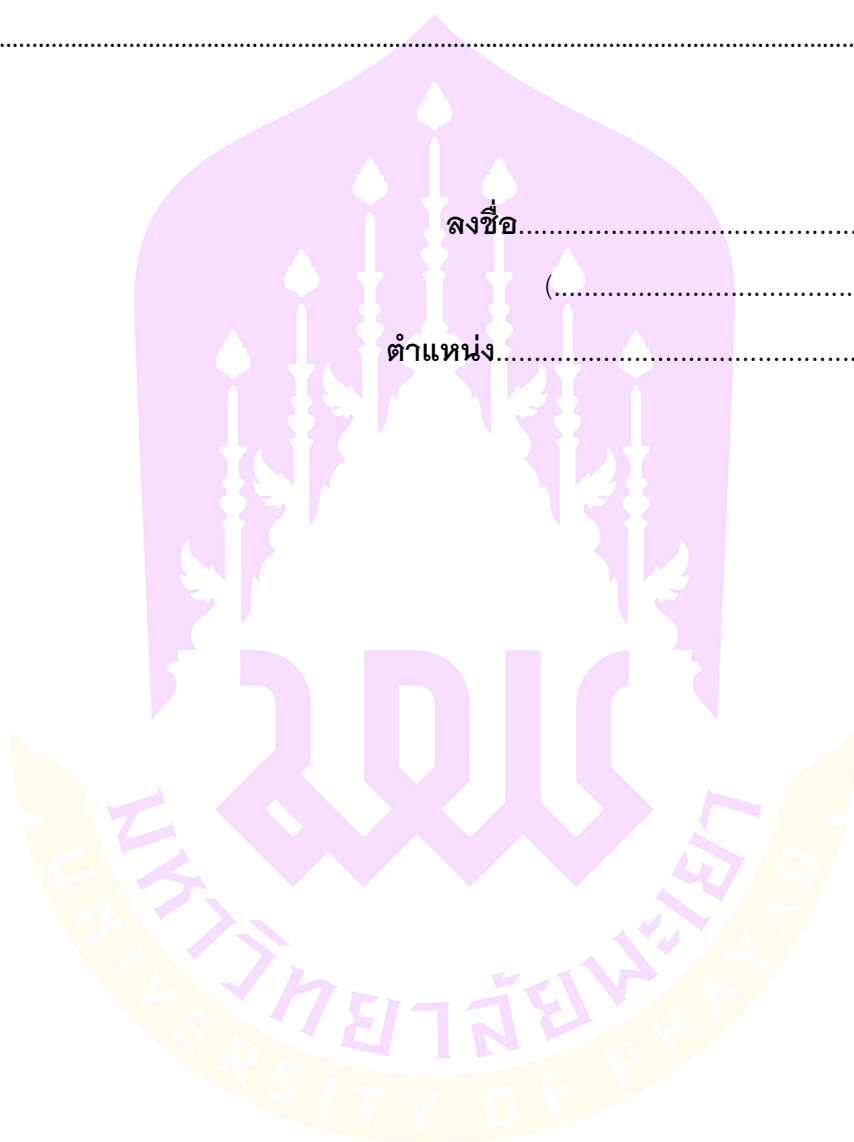
.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....



2. แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อสอบแต่ละข้อกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

คำชี้แจง : โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นที่เป็นจริงของท่านมากที่สุดและโปรดตอบทุกข้อ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

- +1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

| ลำดับ | ข้อสอบ                                                                                                                                                                                                                                                | พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด | ความคิดเห็น |   |    | ข้อเสนอแนะ |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------|---|----|------------|
|       |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                  | -1          | 0 | +1 |            |
| 1     | ในชีวิตประจำวันของนักเรียนล้วนเกี่ยวข้องกับกรดและเบส ทั้งการบริโภคอาหาร ยารักษาโรค หรือเครื่องอุปโภค เป็นต้น ให้นักเรียนระบุประเภทพร้อมทั้งยกตัวอย่างกรดและเบสในชีวิตประจำวันของนักเรียนมาให้ได้มากที่สุด                                             | การคิดอย่างสร้างสรรค์            |             |   |    |            |
| 2     | ปัจจุบันปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชนจัดเป็นปัญหาใหญ่ที่ต้องเร่งแก้ไขเนื่องจากมนุษย์ใช้น้ำทั้งในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม ครีวเรือนเพื่อการดื่มกินและประกอบอาหารและใช้ชำระล้างร่างกาย สิ่งสกปรกต่าง ๆ โดยการที่น้ำเน่าเสียมีส่วนมาจากค่า pH หรือสภาพความเป็น | การคิดอย่างสร้างสรรค์            |             |   |    |            |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                       |  |  |  |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--|--|--|
|   | กรด-เบสในน้ำไม่เหมาะสม โดยสาเหตุหลักของปัญหาน้ำเน่าเสียมาจากการกระทำของมนุษย์ ให้นักเรียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียมาให้มากที่สุด                                                                                                                                                                                                                                                             |                                       |  |  |  |
| 3 | ปัจจุบันโรคกรดไหลย้อนเป็นโรคที่สร้างความน่ารำคาญใจ และเป็นภัยเงียบที่ส่งผลเสียต่อร่างกายเป็นอย่างมาก เป็นโรคที่เกิดจากน้ำย่อยในกระเพาะอาหารไหลย้อนขึ้นไปยังหลอดอาหาร ส่วนใหญ่แล้วโรคกรดไหลย้อนล้วนมีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการบริโภคอาหาร หากนักเรียนเป็นแพทย์ที่ต้องรักษาผู้ป่วยโรคกรดไหลย้อน นักเรียนจะสามารถนำความรู้เรื่อง กรด-เบส มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหากรดในกระเพาะอาหารเพื่อแนะนำผู้ป่วยอย่างไรบ้าง | การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ |  |  |  |
| 4 | ปัญหาดินเปรี้ยว หรือดินที่มีสภาพความเป็นกรดสูง เป็นปัญหาที่พบในเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมาก เนื่องจากในปุ๋ยเคมีจะประกอบไปด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซึ่งล้วนแล้วแต่มีคุณสมบัติเป็นกรดทั้งสิ้น ซึ่งส่งผลให้พืชส่วนใหญ่ไม่สามารถอยู่รอดได้ หากนักเรียนเป็นผู้เชี่ยวชาญที่จะเข้าไปช่วยเหลือเกษตรกร นักเรียนจะนำความรู้เรื่อง กรด-เบส มา                                                            | การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ |  |  |  |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                  |  |  |  |  |
|---|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--|--|--|--|
|   | ประยุกต์ใช้ในการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาให้แก่เกษตรกรอย่างไรบ้าง และเพราะเหตุใด                                                                                                                                                                                                                                                                         |                  |  |  |  |  |
| 5 | หากนักเรียนทราบว่ากระเพาะอาหารมี pH ประมาณ 2.5 อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรบ้าง เพื่อเตรียมสารละลาย และเพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์                                                                                                                                                                                     | การสร้างนวัตกรรม |  |  |  |  |
| 6 | ปัจจุบันโลกมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก มีการคิดค้นและสร้างนวัตกรรมหลายอย่างมาอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตของมนุษย์ ส่งผลให้การใช้ชีวิตของมนุษย์เปลี่ยนแปลงไป หากนักเรียนเป็นนักประดิษฐ์ที่ต้องการสร้างนวัตกรรมเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ชีวิตมนุษย์ และต้องเกี่ยวข้องกับเรื่อง กรด-เบส นักเรียนจะสร้างนวัตกรรมอะไรบ้าง เพราะเหตุใด | การสร้างนวัตกรรม |  |  |  |  |
| 7 | ให้นักเรียนเลือกนวัตกรรมจากกรด-เบส ที่นักเรียนต้องการสร้างจากข้อ 6 มาหนึ่งอย่าง พร้อมวาดภาพการออกแบบนวัตกรรมประกอบ โดยบรรยายละเอียดของภาพอย่างชัดเจน                                                                                                                                                                                                   | การสร้างนวัตกรรม |  |  |  |  |

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

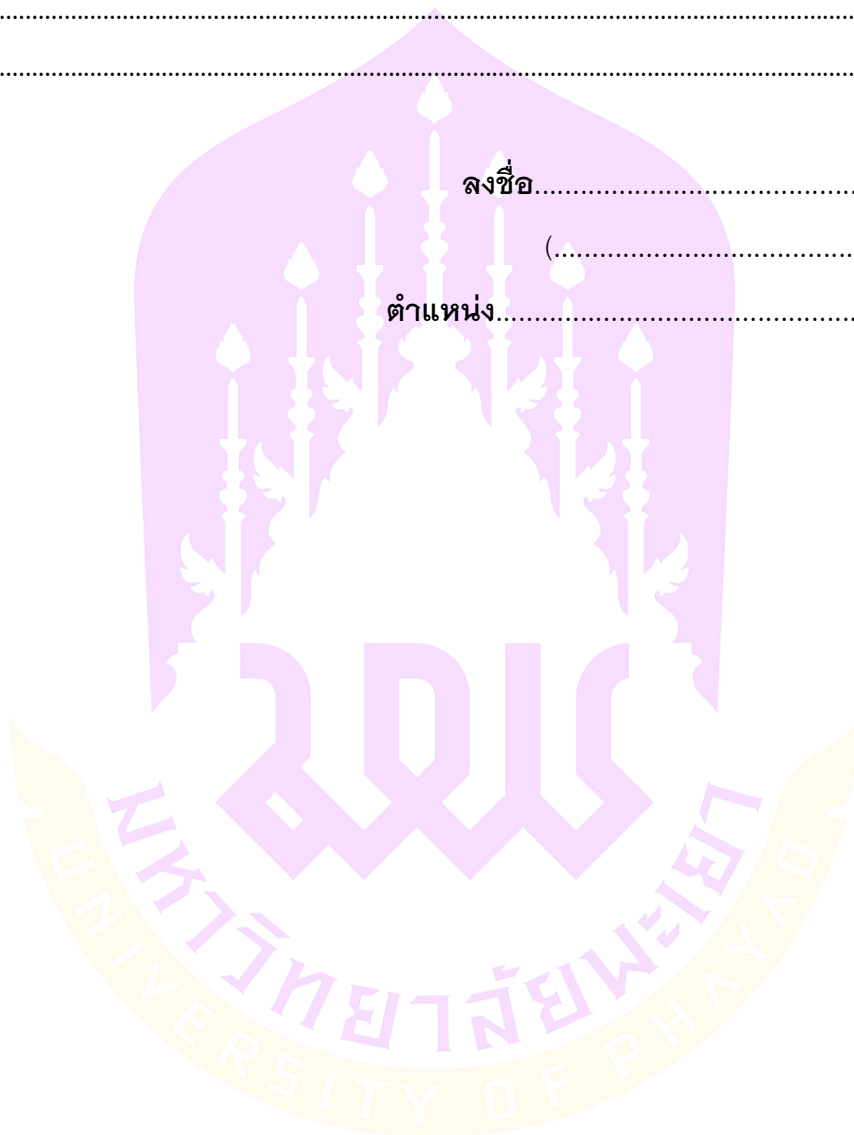
.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

ตำแหน่ง.....



### 3. แบบประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับด้านองค์ประกอบเจต

คติของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

**คำชี้แจง :** โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างที่ตรงกับความคิดเห็นที่เป็นจริงของท่านมากที่สุดและโปรดตอบทุกข้อ โดยมีเกณฑ์ในการพิจารณา ดังนี้

- |    |         |                                                                                          |
|----|---------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| +1 | หมายถึง | แน่ใจว่าแบบวัดตรงกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา    |
| 0  | หมายถึง | ไม่แน่ใจว่าแบบวัดตรงกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |
| -1 | หมายถึง | แน่ใจว่าแบบวัดไม่ตรงกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา |

| รายการ                                                                                         | ระดับความคิดเห็น |   |    | ข้อเสนอแนะ |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|----|------------|
|                                                                                                | -1               | 0 | +1 |            |
| ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา                                            |                  |   |    |            |
| 1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ด้วยตนเองและเน้นการปฏิบัติจริง |                  |   |    |            |
| 2. ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไม่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้         |                  |   |    |            |
| 3. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเกิดความเครียด ความวิตกกังวลใจ            |                  |   |    |            |
| 4. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจเรื่องที่เรียนมากขึ้น               |                  |   |    |            |
| 5. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมแก่ข้าพเจ้า       |                  |   |    |            |
| 6. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าไม่ได้ประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา     |                  |   |    |            |

|                                                                                           |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| 7. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยให้<br>ข้าพเจ้าแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้         |  |  |  |  |
| 8. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้<br>ข้าพเจ้ามีเหตุผลมากขึ้น                  |  |  |  |  |
| 9. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้<br>ข้าพเจ้าทำงานกับผู้อื่นได้               |  |  |  |  |
| 10. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้<br>ข้าพเจ้าคิดอย่างเป็นระบบแบบแผน          |  |  |  |  |
| <b>ความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b>                                   |  |  |  |  |
| 11. ข้าพเจ้ารู้สึกเบื่อทุกครั้งเมื่อต้องได้รับการจัดการ<br>เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา   |  |  |  |  |
| 12. ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม<br>ศึกษาน่าสนใจ                     |  |  |  |  |
| 13. ข้าพเจ้ารู้สึกสนุก และดีใจเมื่อจะได้ทำกิจกรรมสะเต็ม<br>ศึกษา                          |  |  |  |  |
| 14. ข้าพเจ้ารู้สึกกระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                   |  |  |  |  |
| 15. ข้าพเจ้ารู้สึกมั่นใจเมื่อได้ลงมือทำเกี่ยวกับกิจกรรม<br>สะเต็มศึกษา                    |  |  |  |  |
| 16. ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม<br>ศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเสียเวลา       |  |  |  |  |
| 17. ข้าพเจ้าไม่มีความสุขเมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ตาม<br>แนวคิดสะเต็มศึกษา              |  |  |  |  |
| 18. ข้าพเจ้าไม่สนใจที่จะทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                              |  |  |  |  |
| 19. ข้าพเจ้าสนใจที่จะเข้าร่วมทำกิจกรรมสะเต็มถ้ามี<br>โอกาส                                |  |  |  |  |
| 20. หากมีการจัดนิทรรศการเกี่ยวกับสะเต็มศึกษา<br>ข้าพเจ้าจะเข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการจัดทำ |  |  |  |  |
| <b>ความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b>                                    |  |  |  |  |
| 21. ข้าพเจ้าชอบการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา<br>มากกว่าการเรียนรู้แบบปกติ               |  |  |  |  |

|                                                                                           |  |  |  |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| 22. ข้าพเจ้าอยากทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาต่อถึงแม้จะหมดเวลาแล้ว                                |  |  |  |  |
| 23. การทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าภูมิใจในตนเอง                                     |  |  |  |  |
| 24. ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาอื่นมากกว่าทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                   |  |  |  |  |
| 25. ข้าพเจ้ารู้สึกอยากเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทุกครั้ง    |  |  |  |  |
| 26. ข้าพเจ้าไม่ชอบทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                                    |  |  |  |  |
| 27. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้ารู้สึกท้อแท้ และไร้ค่า              |  |  |  |  |
| 28. ข้าพเจ้ารู้สึกว่าจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น และไม่ควรมี   |  |  |  |  |
| 29. ข้าพเจ้าชอบการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามากกว่าการเรียนรู้แบบปกติ                   |  |  |  |  |
| 30. ข้าพเจ้าอยากทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาต่อถึงแม้จะหมดเวลาแล้ว                                |  |  |  |  |
| <b>การแสดงออกต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b>                                 |  |  |  |  |
| 31. ข้าพเจ้าชอบแสดงความคิดเห็นตลอดการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                 |  |  |  |  |
| 32. ข้าพเจ้าตั้งใจทำกิจกรรมสะเต็มอย่างเต็มความสามารถ และสำเร็จ                            |  |  |  |  |
| 33. ข้าพเจ้าพยายามหลีกเลี่ยงที่จะเข้าร่วมหรือทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                         |  |  |  |  |
| 34. ข้าพเจ้าให้ความสำคัญต่อกิจกรรมสะเต็มศึกษามากกว่าการเรียนรู้วิชาอื่น                   |  |  |  |  |
| 35. ข้าพเจ้ามักจะสืบค้นความรู้ และข้อมูล เพื่อเตรียมพร้อมก่อนมาทำกิจกรรมสะเต็มเสมอ        |  |  |  |  |
| 36. ข้าพเจ้ามักจะค้นคว้าหาคำตอบในสิ่งที่สงสัยจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสมอ |  |  |  |  |

|                                                                                              |  |  |  |  |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
| 37. ข้าพเจ้าจะใช้เวลาวางในการศึกษาความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา           |  |  |  |  |
| 38. ข้าพเจ้ามักจะนำความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในชีวิตประจำวัน |  |  |  |  |
| 39. หากมีโอกาสข้าพเจ้าจะนำความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาไปเผยแพร่แก่ผู้อื่น         |  |  |  |  |
| 40. ข้าพเจ้าทุ่มเท และทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยความเต็มใจ                                     |  |  |  |  |

ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(.....)

ตำแหน่ง.....



4. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่องกรด-เบส จำนวน 1 หน่วยการเรียนรู้  
จัดการเรียนรู้ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11

ว30224 วิชาเคมีเพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 กรด-เบส 1

จำนวน 15 ชั่วโมง

เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส

เวลา 3 ชั่วโมง

1. สาระเคมี

ข้อที่ 2

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยา รีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ผลการเรียนรู้ที่ 1 ระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรีและลิวอิส

2. สาระสำคัญ

สารในชีวิตประจำวันหลายชนิดมีสมบัติเป็นกรดหรือเบส ซึ่งพิจารณาได้โดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรีหรือลิวอิส

3. สาระการเรียนรู้

3.1 ทฤษฎีกรด-เบส

4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1 ผู้เรียนสามารถระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรีและลิวอิสได้ (K)

4.2 ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบผลการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบส กับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเต็ด-ลาวรีและลิวอิสได้ (K)

4.3 ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสได้ (P)

4.4 ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสได้อย่างเหมาะสม (P)

4.5 ผู้เรียนสามารถนำข้อมูลจากผลการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสมาสร้าง  
ชิ้นงานเผยแพร่ความรู้แก่ชุมชนได้ (P)

4.6 ผู้เรียนมีวินัยในการทำงานและตระหนักในหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเอง  
(A)

## 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ความสามารถในการสื่อสาร

## 6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

มุ่งมั่นในการทำงาน

## 7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

7.1 ใบกิจกรรม เรื่อง กรด-เบสในชีวิตประจำวัน

7.2 สื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบส

## 8. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
(STEAM Education) 6 ขั้นตอน ดังนี้

### ขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ (Focus)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 4 คน ร่วมกันพิจารณาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับ  
สถานการณ์ที่ครูนำมาเสนอจากใบกิจกรรม พร้อมกับแสดงความ  
คิดเห็นเกี่ยวกับคำถามของครู โดยครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วน  
ร่วมและการแสดงออกในชั้นเรียน

ชุมชนรินทร์เป็นชุมชนริมแม่น้ำชลธิ ผู้คนในชุมชนสร้างบ้านเรือน  
และที่อยู่อาศัยคู่กับแม่น้ำ คนในชุมชนส่วนใหญ่เดินทางกันทางเรือ  
และประกอบอาชีพค้าขาย โดยจะค้าขายกันทางเรือเป็นส่วนใหญ่ และใน  
บริเวณชุมชนรินทร์ถือเป็นแหล่งท่องเที่ยวเก่าแก่ที่แสดงถึงวิถีชีวิตใน  
ชุมชนที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวต่างชาติได้เป็นอย่างดี แต่หลายเดือนมานี้แม่น้ำ  
ชลธิเริ่มเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็น อีกทั้งยังมีความสกปรกส่งผลกระทบต่อ  
การใช้ชีวิตของคนในชุมชน และทำให้ไม่ค่อยมีนักท่องเที่ยวมาเที่ยวใน  
ชุมชนรินทร์อีกเลย ส่งผลให้พ่อค้าแม่ค้าในชุมชนขาดรายได้

คำถาม : นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์คืออะไร ?

2. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรม โดยได้ข้อสรุปพร้อมกันว่า เป็นปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน

## ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อตอบคำถามของครูในใบกิจกรรม เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์ มาให้ได้มากที่สุดภายใน 5 นาที

**คำถาม :** นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุของปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน ?

**แนวคำตอบ :** การขาดความรู้ในเรื่องกรด-เบส การทิ้งสารที่มีฤทธิ์กรด-เบสลงในแม่น้ำ การขาดจิตสำนึกต่อส่วนรวม

2. นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน โดยได้ข้อสรุปพร้อมกันว่าปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชนเกิดจากการที่คนในชุมชนขาดจิตสำนึกต่อส่วนรวมในการทิ้งสารที่ส่วนใหญ่จะมีสมบัติเป็นกรด-เบสลงแม่น้ำ เช่น น้ำล้างจาน น้ำผงซักฟอก เศษอาหารเครื่องปรุงต่าง ๆ ซึ่งคนในชุมชนขาดความรู้ความเข้าใจในการระบุว่าสารใดเป็นกรดหรือเบส ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชน
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาคำถามกระตุ้นของครู เพื่อสร้างความสนใจ และกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดในการพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสแก่ชุมชนอย่างคร่าว ๆ โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถค้นคว้าผ่านแหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ต

**คำถามกระตุ้น :** นักเรียนคิดว่าเราจะมีวิธีการอย่างไรในการระบุความเป็นกรด-เบสของสาร ?

**แนวคำตอบ :** การวัดค่า pH ของสาร การใช้กระดาษลิตมัสในการบอกความเป็นกรด-เบส การใช้สารละลายยูนิเวอร์ซัลระบุความเป็นกรดเบส การใช้ทฤษฎีทางกรดเบสในการระบุความเป็นกรด-เบสของสาร

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับบทบาทสมมติว่าตนเองเป็นนักสิ่งแวดล้อมที่เข้ามาช่วยเหลือให้ความรู้แก่ชุมชน นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรเพื่อทดสอบและใช้เป็นหลักฐานอ้างอิง เพื่อแสดงให้ชุมชนเห็นและตระหนักว่าสารในชีวิตประจำวันที่กำลังลงแม่น้ำมีความเป็นกรด-เบสซึ่งส่งผลให้น้ำเน่าเสียได้
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาให้มากที่สุดลงในใบกิจกรรม เพื่อใช้ร่วมกันออกแบบการทดลองเพื่อระบุความเป็นกรด-เบสของสารในชีวิตประจำวันอย่างคร่าว ๆ โดยมีข้อกำหนดว่านักเรียนต้องใช้สารที่มีในชีวิตประจำวันของนักเรียนอย่างน้อย 3 สาร และแต่ละกลุ่มต้องใช้สารไม่ซ้ำกัน และมีวิธีการทดลองที่แตกต่างกัน และร่วมกันออกแบบสื่อการเผยแพร่ความรู้กรด-เบสที่อ้างอิงข้อมูลจากผลการทดลอง ลงในใบกิจกรรม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลผ่านแหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ตได้
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและหาข้อมูลประเด็นที่นักเรียนตั้งไว้ในใบกิจกรรม

### ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า (Discovery)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันดูคลิปวิดีโอ เกี่ยวกับกรด-เบสในชีวิตประจำวัน จาก <https://www.youtube.com/watch?v=v8-3Hr6m86U> เพื่อกระตุ้นความสนใจ
2. นักเรียนและครูอภิปรายร่วมว่าในชีวิตประจำวันเกี่ยวข้องกับกรด-เบสมากมาย เช่น แสมพู สบู่ที่ใช้อาบน้ำสระผมก็เป็นเบสอย่างหนึ่ง หรือเครื่องปรุงก๋วยเตี๋ยวอย่างน้ำส้มสายชูก็จัดเป็นกรดอ่อนเช่นกัน
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษานิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียสจากเอกสารประกอบการเรียน จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามครู โดยมีครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น และสะท้อนผลกลับนักเรียนทันที

**คำถาม :** เพราะเหตุใด HCl และ  $\text{CH}_3\text{COOH}$  จึงเป็นกรด ส่วน NaOH และ  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  จึงเป็นเบส

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันยกตัวอย่างสารที่เป็นกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียสเพิ่มเติม และออกมาอธิบายหน้าชั้นเรียน
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 4 – 5 ว่า ไฮโดรเจนไอออน ( $H^+$ ) รวมตัวกับน้ำ เกิดเป็นไฮโดรเนียมไอออน ( $H_3O^+$ ) ดังนั้นปฏิกิริยาเคมีในน้ำ จึงเขียน  $H^+$  และ  $H_3O^+$  แทนกันได้ โดยครูจะให้ข้อสังเกตว่าในสมการเคมีที่มี  $H_3O^+$  เป็นผลิตภัณฑ์ จะมี  $H_2O$  เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาดังกล่าว

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาปฏิกิริยาเคมีระหว่างแก๊ส  $HCl$  และ  $NH_3$  ที่ครูนำมาเสนอผ่านสื่อ PowerPoint และตอบคำถามของครู เพื่อนำเข้าสู่การศึกษาทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี

**คำถาม :** นักเรียนคิดว่าสารใดเป็นกรดหรือเบสตามทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส เพราะเหตุใด ?

**แนวคำตอบ :** ไม่สามารถระบุได้ เนื่องจากปฏิกิริยานี้ไม่ได้เกิดขึ้นในน้ำ และไม่มี  $H_3O^+$  และ  $OH^-$  เกิดขึ้น

7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษานิยามของกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 6 – 7 จากนั้นให้นักเรียนลองใช้ทฤษฎีดังกล่าวระบุว่าในปฏิกิริยาเคมีระหว่างแก๊ส  $HCl$  และ  $NH_3$  สารใดเป็นกรด สารใดเป็นเบส เพื่อให้ นักเรียนเข้าใจว่าทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียสมีข้อจำกัดในการระบุความเป็นกรด-เบสของสารที่ไม่ละลายน้ำ แต่ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรีสามารถใช้อธิบายความเป็นกรด-เบสของสารที่ไม่จำเป็นต้องมีน้ำเป็นตัวละลาย

**คำถาม :** นักเรียนคิดว่าสารใดเป็นกรดหรือเบสตามทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี เพราะเหตุใด ?

**แนวคำตอบ :** แก๊ส  $HCl$  เป็นกรดเพราะให้โปรตอน ส่วนแก๊ส  $NH_3$  เป็นเบสเพราะรับโปรตอน

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาปฏิกิริยาของแก๊ส  $HCl$  และแก๊ส  $NH_3$  กับน้ำ ที่ครูนำมาเสนอโดยนักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายปฏิกิริยาของแก๊ส  $HCl$  และแก๊ส  $NH_3$  กับน้ำ เพื่อระบุสมบัติความเป็นกรด-เบสของสารทั้งสองชนิดโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสเบรินสเตด-ลาวรี ซึ่งได้ข้อสรุป

ร่วมกันว่า แก๊ส HCl เป็นกรดเพราะให้โปรตอนแก่น้ำ ส่วนแก๊ส  $\text{NH}_3$  เป็นเบสเพราะรับโปรตอนจากน้ำ ซึ่งความเป็นกรด-เบสของสารทั้งสองนี้สอดคล้องกับทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษานิยามกรดและเบสตามทฤษฎีกรด-เบสลิวิสจากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 8 - 9 และร่วมกันอภิปรายการถ่ายโอนคู่อิเล็กตรอนในปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนีย ( $\text{NH}_3$ ) กับโบรอนไตรฟลูออไรด์ ( $\text{BF}_3$ ) ร่วมกับครูโดยได้ข้อสรุปร่วมกันว่า  $\text{NH}_3$  เป็นเบส เพราะให้คู่อิเล็กตรอน และ  $\text{BF}_3$  เป็นกรดเพราะรับคู่อิเล็กตรอน ซึ่งครูอธิบายความรู้เพิ่มเติมว่า  $\text{BF}_3$  สามารถรับคู่อิเล็กตรอนจาก  $\text{NH}_3$  เพราะ  $\text{BF}_3$  เป็นโมเลกุลที่อิเล็กตรอนไม่ครบกฎออกเตต

#### ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ (Application)

1. นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้และข้อมูลที่ได้ศึกษาผ่านการทำกิจกรรมกลุ่มออกแบบการทดลองการระบุความเป็นกรด-เบสของสารในชีวิตประจำวันผ่านใบกิจกรรม โดยผ่านการใช้ทฤษฎีกรด-เบสอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวิส โดยครูไม่จำกัดความคิดในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการทดลอง ลงในใบกิจกรรม ซึ่งครูคอยชี้แนะและให้คำแนะนำในการออกแบบการทดลอง
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทดลองตามที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้ โดยครูคอยสนับสนุน และให้คำชี้แนะการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ระหว่างการทดลอง โดยนักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรม
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น พร้อมกับเชื่อมโยงผลการทดลองกับทฤษฎีกรด-เบส ใบในใบกิจกรรม โดยมีครูคอยสนับสนุน และให้คำปรึกษาจุดที่นักเรียนสงสัย
4. นักเรียนนำข้อมูลผลการทดลองและอภิปรายจัดทำเป็นสื่อการเผยแพร่ความรู้กรด-เบสแก่ชุมชน ตามที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ในใบกิจกรรม

#### ขั้นที่ 5 นำเสนอ (Presentation)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอสื่อการเผยแพร่ความรู้กรด-เบสโดยต้องมีข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลการทดลอง ผลการทดลองและผลการอภิปรายที่อ้างอิงถึงแนวคิดทฤษฎีกรด-เบส สมบัติของสารใน

ชีวิตประจำวันที่เป็นกรด-เบสที่นักเรียนได้เลือกมาทดลอง โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นแสดงความคิดเห็นต่อผลงานของกลุ่มนำเสนอ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกทางความคิดและตอบถามและเน้นให้นักเรียนได้อธิบายความคิดของตนเองให้มากที่สุด

### ขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง (Link)

1. นักเรียนและครูร่วมประเมินผลงานสื่อการเผยแพร่ความรู้ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม โดยครูให้ข้อเสนอแนะ ความรู้เพิ่มเติม และข้อควรปรับปรุงแก่นักเรียน
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มกลับไปปรับปรุงผลงานสื่อการเผยแพร่ความรู้เรื่องกรด-เบสของกลุ่มตนเอง
3. นักเรียนสะท้อนความรู้ที่นักเรียนได้รับ และซักถามเพิ่มเติม

## 9. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้

### 9.1 สื่อการเรียนรู้

- 9.1.1 หนังสือเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม ม.5 เล่ม 4
- 9.1.2 สื่อนำเสนอ (PowerPoint) ชุดที่ 1 เรื่องทฤษฎีกรด-เบส
- 9.1.3 ใบกิจกรรม เรื่องกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

### 9.2 อุปกรณ์การเรียนรู้

- 9.2.1 เครื่องฉาย คอมพิวเตอร์ 1 ชุด
- 9.2.2 คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

### 9.3 แหล่งการเรียนรู้

- 9.3.1 <https://www.youtube.com/watch?v=v8-3Hr6m86U>

## 10. การวัดและการประเมินผล

| เป้าหมายการเรียนรู้                                                                                                | หลักฐานผล<br>การเรียนรู้  | วิธีการวัด                       | เครื่องมือวัด                       | เกณฑ์การ<br>ประเมิน                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <b>ความรู้ (K)</b>                                                                                                 |                           |                                  |                                     |                                                  |
| ผู้เรียนสามารถระบุและอธิบายว่าสารเป็นกรดหรือเบสโดยใช้ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสเบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิสได้         | ใบกิจกรรม                 | การตรวจใบกิจกรรม                 | แบบประเมินใบกิจกรรม                 | นักเรียนมีระดับการประเมินใบกิจกรรม ระดับดีขึ้นไป |
| ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบผลการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบส กับทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียสเบรินสเตด-ลาวรีและลิวอิสได้ | ใบกิจกรรม                 | การตรวจใบกิจกรรม                 | แบบประเมินใบกิจกรรม                 | นักเรียนมีระดับการประเมินใบกิจกรรม ระดับดีขึ้นไป |
| <b>ทักษะกระบวนการ (P)</b>                                                                                          |                           |                                  |                                     |                                                  |
| ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสได้อย่างเหมาะสม               | ใบกิจกรรม                 | การตรวจใบกิจกรรม                 | แบบประเมินใบกิจกรรม                 | นักเรียนมีระดับการประเมินใบกิจกรรม ระดับดีขึ้นไป |
| ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสได้                                                              | ใบกิจกรรม                 | การตรวจใบกิจกรรม                 | แบบประเมินใบกิจกรรม                 | นักเรียนมีระดับการประเมินใบกิจกรรม ระดับดีขึ้นไป |
| ผู้เรียนสามารถนำข้อมูลจากผลการทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสมาสร้าง                                                   | สื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบส | การตรวจสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบส | แบบประเมินสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบส | นักเรียนมีระดับการประเมินสื่อเผยแพร่ความรู้      |

|                                                                            |                                                                                   |                                                                          |                                          |                                                                               |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| ชิ้นงานเผยแพร่ความรู้แก่<br>ชุมชนได้                                       |                                                                                   |                                                                          |                                          | กรด-เบสระดับดี<br>ขึ้นไป                                                      |
| <b>เจตคติหรือคุณลักษณะ (A)</b>                                             |                                                                                   |                                                                          |                                          |                                                                               |
| ผู้เรียนมุ่งมั่นในการทำงาน<br>และตระหนักในหน้าที่ความ<br>รับผิดชอบของตนเอง | ไปกิจกรรม                                                                         | การตรวจใบ<br>กิจกรรม                                                     | แบบประเมินใบ<br>กิจกรรม                  | นักเรียนส่งใบ<br>กิจกรรม                                                      |
| <b>สมรรถนะสำคัญ</b>                                                        |                                                                                   |                                                                          |                                          |                                                                               |
| ความสามารถในการ<br>สื่อสาร                                                 | การมีส่วนร่วม<br>ในชั้นเรียน เช่น<br>การแสดง<br>ความคิดเห็น<br>และการตอบ<br>คำถาม | การประเมิน<br>พฤติกรรมของ<br>ผู้เรียนระหว่าง<br>ทำกิจกรรมใน<br>ชั้นเรียน | แบบประเมิน<br>สมรรถนะ                    | นักเรียนมี<br>สมรรถนะระดับดี<br>ขึ้นไป                                        |
| <b>คุณลักษณะอันพึงประสงค์</b>                                              |                                                                                   |                                                                          |                                          |                                                                               |
| การมุ่งมั่นในการทำงาน                                                      | การมีส่วนร่วม<br>ในชั้นเรียน<br>และการตอบ<br>คำถามของ<br>ผู้เรียน                 | การประเมิน<br>พฤติกรรมของ<br>ผู้เรียนระหว่าง<br>เรียน                    | แบบประเมิน<br>คุณลักษณะอัน<br>พึงประสงค์ | นักเรียนมีระดับ<br>การประเมิน<br>คุณลักษณะอันพึง<br>ประสงค์ ระดับดี<br>ขึ้นไป |

ใบกิจกรรม

เรื่อง กรด-เบสในชีวิตประจำวัน

กลุ่มที่..... สมาชิกกลุ่มประกอบด้วย

.....

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำกิจกรรมและตอบคำถามให้ถูกต้อง

สถานการณ์

ชุมชนนรินทร์เป็นชุมชนริมแม่น้ำชลธี ผู้คนในชุมชนสร้างบ้านเรือนและที่อยู่อาศัยคู่กับแม่น้ำ คนในชุมชนส่วนใหญ่เดินทางกันทางเรือ และประกอบอาชีพค้าขาย โดยจะค้าขายกันทางเรือเป็นส่วนใหญ่ และในบริเวณชุมชนนรินทร์ถือเป็นแหล่งท่องเที่ยวเก่าแก่ที่แสดงถึงวิถีชีวิตในชุมชนที่ดึงดูดนักท่องเที่ยวต่างชาติได้เป็นอย่างดี แต่หลายเดือนมานี้แม่น้ำชลธีเริ่มเน่าเสียและส่งกลิ่นเหม็น อีกทั้งยังมีความสกปรกส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตของคนในชุมชน และทำให้ไม่ค่อยมีนักท่องเที่ยวมาเที่ยวในชุมชนนรินทร์อีกเลย ส่งผลให้พ่อค้าแม่ค้าในชุมชนขาดรายได้

1. ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่ามีสาเหตุใดของปัญหาดังกล่าวบ้างที่เกี่ยวข้องกับกรด-เบส จงระบุมาให้มากที่สุดภายในเวลา 5 นาที (การคิดอย่างสร้างสรรค์)

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่าจะมีวิธีการอย่างไรในการระบุความเป็นกรด-เบสของสาร (การคิดอย่างสร้างสรรค์)



4. ให้นักเรียนระบุประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาให้มากที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลอง (การคิดอย่างสร้างสรรค์)



- หากนักเรียนเป็นนักสิ่งแวดล้อมที่รับมอบหมายหน้าที่จากภาครัฐให้เข้ามาดูแลปัญหาดังกล่าว และให้ความรู้แก่ชุมชน นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรเพื่อพิสูจน์หรือทดลอง เพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงแสดงให้ชุมชนเห็นอย่างชัดเจน และตระหนักว่าสารในชีวิตประจำวันที่ทิ้งลงแม่น้ำมีความเป็นกรด-เบส ซึ่งส่งผลให้น้ำเน่าเสียได้ โดยให้นักเรียนระบุสาร อุปกรณ์ และวิธีการทดลองอย่างละเอียด (การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ การสร้างนวัตกรรม)

UNIVERSITY OF

6. ให้นักเรียนเขียนผลการทดลองที่เกิดขึ้นพร้อมทั้งอธิบายและสรุปผลการทดลองโดยอ้างอิงผลการทดลองจากทฤษฎีกรด-เบส (การสร้างนวัตกรรม)

7. ให้นักเรียนออกแบบสื่อการเผยแพร่ความรู้แก่ชุมชนโดยมีเนื้อหา ได้แก่ ข้อมูล การทดลอง ผลการทดลอง ผลการอภิปรายที่อ้างอิงถึงแนวคิดทฤษฎีกรด-เบส และสมบัติของสารในชีวิตประจำวันที่เป็นกรด-เบส (การสร้างนวัตกรรม)



### เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินใบกิจกรรม

| คุณลักษณะ                             | ระดับคุณภาพ                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                              |
|---------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | ระดับ 1                                                                                                                                                                    | ระดับ 2                                                                                                                                                                 | ระดับ 3                                                                                                                                                                     | ระดับ 4                                                                                                                                                      |
| การคิดอย่างสร้างสรรค์                 | ระบุสาเหตุของปัญหาที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้ถูกต้องน้อยกว่า 2 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                                                                        | ระบุสาเหตุของปัญหาที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้ถูกต้อง 2 – 3 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                                                                         | ระบุสาเหตุของปัญหาที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้หลากหลาย ถูกต้อง 4 – 5 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                                                                    | ระบุสาเหตุของปัญหาที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้หลากหลาย ถูกต้องมากกว่า 5 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                                                  |
|                                       | บอกวิธีการเพื่อระบุความเป็นกรด-เบสของสารได้ถูกต้องน้อยกว่า 2 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                                                                       | บอกวิธีการเพื่อระบุความเป็นกรด-เบสของสารได้ถูกต้อง 2 – 3 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                                                                        | บอกวิธีการเพื่อระบุความเป็นกรด-เบสของสารได้หลากหลาย ถูกต้อง 4 – 5 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                                                                   | บอกวิธีการเพื่อระบุความเป็นกรด-เบสของสารได้หลากหลาย ถูกต้องมากกว่า 5 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                                                 |
|                                       | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองได้ 3 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                                                                            | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองได้ 3 – 4 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                                                                     | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองได้หลากหลาย 5 – 6 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                                                                 | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองได้หลากหลาย มากกว่า 6 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                                              |
| การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ | บอกแนวทางหรือระบุวิธีการพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสในชีวิตประจำวันเพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงแสดงให้ชุมชนเห็นอย่างชัดเจนได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่นมากกว่า 3 ขั้นตอน | บอกแนวทางหรือระบุวิธีการพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสในชีวิตประจำวันเพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงแสดงให้ชุมชนเห็นอย่างชัดเจนได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่น 2 – 3 ขั้นตอน | บอกแนวทางหรือระบุวิธีการพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสในชีวิตประจำวันเพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงแสดงให้ชุมชนเห็นอย่างชัดเจนได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่นน้อยกว่า 2 ขั้นตอน | บอกแนวทางหรือระบุวิธีการพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสในชีวิตประจำวันเพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงแสดงให้ชุมชนเห็นอย่างชัดเจนได้ถูกต้อง และใช้วิธีการไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น |
| การสร้างนวัตกรรม                      | อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ                                                                                                                                           | อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ                                                                                                                                        | อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ                                                                                                                                            | อธิบายรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบ                                                                                                                             |

|  |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|--|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | การทดลองพิสูจน์<br>ความเป็นกรด-เบส<br>ได้ถูกต้อง แต่ไม่เป็น<br>ลำดับขั้นตอน และ<br>ไม่ครบทุกขั้นตอน                                                                                                             | การทดลองพิสูจน์<br>ความเป็นกรด-เบส<br>ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ<br>แต่ไม่ครบทุกขั้นตอน                                                                                                                         | การทดลองพิสูจน์<br>ความเป็นกรด-เบส<br>ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ<br>ครบทุกขั้นตอน แต่<br>ใช้ภาษาในการ<br>อธิบายไม่เหมาะสม<br>ทำให้ยังเห็นภาพไม่<br>ชัดเจน                                                     | การทดลองพิสูจน์<br>ความเป็นกรด-เบส<br>ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ<br>ครบทุกขั้นตอน และ<br>เห็นภาพได้อย่าง<br>ชัดเจน                                                                                                                                                                                                        |
|  | เขียนผลการทดลอง<br>พร้อมทั้งอภิปราย<br>และสรุปผลการ<br>ทดลองและ<br>เปรียบเทียบผลการ<br>ทดลองกับทฤษฎี<br>กรด-เบสได้ถูกต้อง<br>แต่ไม่ครบถ้วน ไม่<br>เป็นลำดับขั้นตอน ไม่<br>มีเหตุผล และทฤษฎี<br>กรด - เบสอ้างอิง | เขียนผลการทดลอง<br>พร้อมทั้งอภิปราย<br>และสรุปผลการ<br>ทดลองและ<br>เปรียบเทียบผลการ<br>ทดลองกับทฤษฎี<br>กรด-เบสได้ถูกต้อง<br>ครบถ้วน เป็นลำดับ<br>ขั้นตอน แต่ไม่มี<br>เหตุผล และทฤษฎี<br>กรด - เบสอ้างอิง | เขียนผลการทดลอง<br>พร้อมทั้งอภิปราย<br>และสรุปผลการ<br>ทดลองและ<br>เปรียบเทียบผลการ<br>ทดลองกับทฤษฎี<br>กรด-เบสได้ถูกต้อง<br>ครบถ้วน เป็นลำดับ<br>ขั้นตอน มีเหตุผล แต่<br>ไม่มีทฤษฎีกรด -<br>เบสอ้างอิง | เขียนผลการทดลอง<br>พร้อมทั้งอภิปราย<br>และสรุปผลการ<br>ทดลองและ<br>เปรียบเทียบผลการ<br>ทดลองกับทฤษฎี<br>กรด-เบสได้ถูกต้อง<br>ครบถ้วน เป็นลำดับ<br>ขั้นตอน มีเหตุผล<br>และมีทฤษฎีกรด -<br>เบสอ้างอิง                                                                                                                 |
|  | ออกแบบสื่อเผยแพร่<br>ความรู้กรด - เบส<br>โดยวาดภาพ และ<br>อธิบายรายละเอียด<br>องค์ประกอบของสื่อ<br>เผยแพร่ความรู้กรด<br>- เบสได้น้อยกว่า 3<br>ใน 4 ด้าน                                                         | ออกแบบสื่อเผยแพร่<br>ความรู้กรด - เบส<br>โดยวาดภาพ และ<br>อธิบายรายละเอียด<br>องค์ประกอบของสื่อ<br>เผยแพร่ความรู้กรด<br>- เบสได้ 3 ใน 4<br>ด้าน                                                           | ออกแบบสื่อเผยแพร่<br>ความรู้กรด - เบส<br>โดยวาดภาพ และ<br>อธิบายรายละเอียด<br>องค์ประกอบของสื่อ<br>เผยแพร่ความรู้กรด<br>- เบสได้ครบ 4 ด้าน<br>แต่จัดวาง<br>องค์ประกอบได้ไม่<br>ชัดเจน สับสนได้ง่าย      | ออกแบบสื่อเผยแพร่<br>ความรู้กรด - เบส<br>โดยวาดภาพ และ<br>อธิบายรายละเอียด<br>องค์ประกอบของสื่อ<br>เผยแพร่ความรู้กรด-<br>เบสได้ครบ 4 ด้าน<br>ได้แก่ ข้อมูลการ<br>ทดลอง ผลการ<br>ทดลอง ผลการ<br>อภิปรายที่อ้างอิงถึง<br>แนวคิดทฤษฎีกรด-<br>เบส และสมบัติของ<br>สารในชีวิตประจำวัน<br>ที่เป็นกรด-เบส<br>รวมทั้งจัดวาง |

|  |  |  |  |                                  |
|--|--|--|--|----------------------------------|
|  |  |  |  | องค์ประกอบได้<br>ชัดเจน อ่านง่าย |
|--|--|--|--|----------------------------------|

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินใบกิจกรรม

|           |         |                                                                          |
|-----------|---------|--------------------------------------------------------------------------|
| ช่วงคะแนน | 1 – 7   | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 1 คือ ปรับปรุง |
| ช่วงคะแนน | 8 – 14  | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 2 คือ พอใช้    |
| ช่วงคะแนน | 15 – 21 | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 3 คือ ดี       |
| ช่วงคะแนน | 22 – 28 | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 4 คือ ดีเยี่ยม |



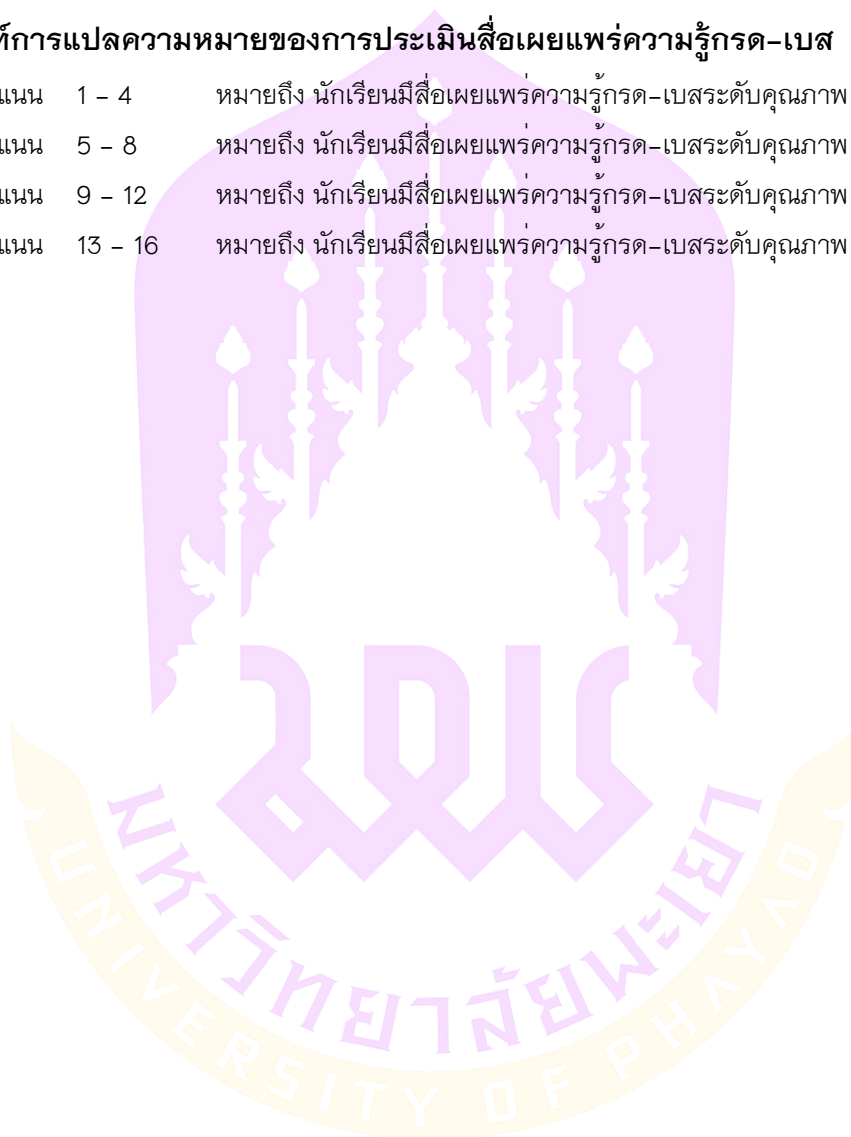
**เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบส**

| พฤติกรรมการทำงาน                       | ระดับคุณภาพ                                                                                                        |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                        | ระดับ 1                                                                                                            | ระดับ 2                                                                                                                                               | ระดับ 3                                                                                                                                               | ระดับ 4                                                                                                                                                    |
| 1. เนื้อหา                             | มีเนื้อหาน้อยกว่า 2 หัวข้อ                                                                                         | มีเนื้อหาประกอบด้วย 2 หัวข้อ เช่น ข้อมูล การทดลอง ผลการทดลอง ผลการอภิปรายที่อ้างอิงถึงแนวคิดทฤษฎีกรด-เบส และสมบัติของสารในชีวิตประจำวันที่เป็นกรด-เบส | มีเนื้อหาประกอบด้วย 3 หัวข้อ เช่น ข้อมูล การทดลอง ผลการทดลอง ผลการอภิปรายที่อ้างอิงถึงแนวคิดทฤษฎีกรด-เบส และสมบัติของสารในชีวิตประจำวันที่เป็นกรด-เบส | มีเนื้อหาประกอบด้วย 3 หัวข้อขึ้นไป เช่น ข้อมูลการทดลอง ผลการทดลอง ผลการอภิปรายที่อ้างอิงถึงแนวคิดทฤษฎีกรด-เบส และสมบัติของสารในชีวิตประจำวันที่เป็นกรด-เบส |
| 2. รายละเอียด                          | เนื้อหาอื่นที่ไม่มีการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส ตอบและอธิบายรายละเอียดได้ไม่ตรงประเด็น และไม่สมบูรณ์ | เนื้อหา มีการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส ตอบและอธิบายรายละเอียดได้ไม่ตรงประเด็น และไม่สมบูรณ์                                             | เนื้อหา มีการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส มีความถูกต้อง ตอบและอธิบายรายละเอียดได้ตรงประเด็น และไม่สมบูรณ์                                  | เนื้อหา มีการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีกรด-เบส มีความถูกต้อง ตอบและอธิบายรายละเอียดได้ตรงประเด็น สมบูรณ์                                             |
| 3. รูปแบบชิ้นงานและการจัดวางองค์ประกอบ | ประเภทหรือรูปแบบชิ้นงานซ้ำกับกับกลุ่มอื่น และจัดวางองค์ประกอบของข้อมูลได้ไม่เหมาะสม                                | ประเภทหรือรูปแบบชิ้นงานซ้ำกับกับกลุ่มอื่น แต่จัดวางองค์ประกอบของข้อมูลได้เหมาะสม เข้าใจง่าย                                                           | ประเภทหรือรูปแบบชิ้นงานมีความคิดสร้างสรรค์ แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น แต่จัดวางองค์ประกอบของข้อมูลได้ไม่เหมาะสม เข้าใจยาก                            | ประเภทหรือรูปแบบชิ้นงานมีความคิดสร้างสรรค์ แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น และจัดวางองค์ประกอบของข้อมูลได้เหมาะสม เข้าใจง่าย                                   |
| 4. การนำเสนอ                           | นำเสนอชิ้นงานได้ แต่ใช้ภาษาไม่เหมาะสมกับเนื้อหา เข้าใจยาก และมี                                                    | นำเสนอชิ้นงานได้ โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสมกับเนื้อหา แต่มีข้อมูล                                                                                | นำเสนอชิ้นงานได้ โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสมกับเนื้อหา มีข้อมูล                                                                                   | นำเสนอชิ้นงานได้ โดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย เหมาะสมกับเนื้อหา มีข้อมูล                                                                                        |

|  |                 |           |                                                                        |                                                                  |
|--|-----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
|  | ข้อมูลครบไม่ครบ | ครบไม่ครบ | ครบถ้วนตาม<br>จุดประสงค์ครบ 2<br>ข้อ แต่ไม่มีความ<br>มั่นใจในการนำเสนอ | ครบถ้วนตาม<br>จุดประสงค์ครบ 2<br>ข้อ มีความมั่นใจใน<br>การนำเสนอ |
|--|-----------------|-----------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบส

|           |         |                                                                       |
|-----------|---------|-----------------------------------------------------------------------|
| ช่วงคะแนน | 1 – 4   | หมายถึง นักเรียนมีสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบสระดับคุณภาพ 1 คือ ปรับปรุง |
| ช่วงคะแนน | 5 – 8   | หมายถึง นักเรียนมีสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบสระดับคุณภาพ 2 คือ พอใช้    |
| ช่วงคะแนน | 9 – 12  | หมายถึง นักเรียนมีสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบสระดับคุณภาพ 3 คือ ดี       |
| ช่วงคะแนน | 13 – 16 | หมายถึง นักเรียนมีสื่อเผยแพร่ความรู้กรด-เบสระดับคุณภาพ 4 คือ ดีเยี่ยม |



### แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ใส่ระดับคุณภาพ 1 – 4 ลงในช่องการประเมิน ให้ตรงกับความเป็นจริง

| เลขที่ | ชื่อ - สกุล | ระดับคะแนน             |       | รวม<br>คะแนน | ผลตัดสิน |
|--------|-------------|------------------------|-------|--------------|----------|
|        |             | ความมุ่งมั่นในการทำงาน |       |              |          |
|        |             | ข้อ 1                  | ข้อ 2 |              |          |
| 1      |             |                        |       |              |          |
| 2      |             |                        |       |              |          |
| 3      |             |                        |       |              |          |
| 4      |             |                        |       |              |          |
| 5      |             |                        |       |              |          |
| 6      |             |                        |       |              |          |
| 7      |             |                        |       |              |          |
| 8      |             |                        |       |              |          |
| 9      |             |                        |       |              |          |
| 10     |             |                        |       |              |          |
| 11     |             |                        |       |              |          |
| 12     |             |                        |       |              |          |
| 13     |             |                        |       |              |          |
| 14     |             |                        |       |              |          |
| 15     |             |                        |       |              |          |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวอวิศยา ลั่นคม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

### เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

| เกณฑ์การประเมิน                                                 | ระดับ 1                                                                             | ระดับ 2                                                                                        | ระดับ 3                                                                                  | ระดับ 4                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>มุ่งมั่นในการทำงาน</b>                                       |                                                                                     |                                                                                                |                                                                                          |                                                                               |
| 1. ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่การงาน                  | รับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย แต่ภาระงานไม่เสร็จ และเกินเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย แต่ภาระงานไม่สมบูรณ์ และเกินเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่และภาระที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จแต่เกินเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด |
| 2. ทำงานด้วยความเพียรพยายาม และอดทนเพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย | มีการปรับปรุงแก้ไขแต่ไม่พัฒนาการทำงาน แต่งานไม่เสร็จสมบูรณ์ และเลยเวลาที่กำหนด      | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน แต่งานไม่เสร็จสมบูรณ์และเลยเวลาที่กำหนด                     | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นแต่เลยเวลาที่กำหนด                            | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงานให้ดีขึ้นภายในเวลาที่กำหนด                  |

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

|       |       |         |                                                       |
|-------|-------|---------|-------------------------------------------------------|
| คะแนน | 7 – 8 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม |
| คะแนน | 5 – 6 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดี       |
| คะแนน | 3 – 4 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดีพอใช้  |
| คะแนน | 1 – 2 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง |

### แบบประเมินสมรรถนะ

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ใส่ระดับคุณภาพ 1 - 4 ลงในช่องการประเมิน ให้ตรงกับความเป็นจริง

| เลขที่ | ชื่อ - สกุล | ระดับคะแนน             |       |       |       | รวม<br>คะแนน | ผลตัดสิน |
|--------|-------------|------------------------|-------|-------|-------|--------------|----------|
|        |             | ความสามารถในการสื่อสาร |       |       |       |              |          |
|        |             | ข้อ 1                  | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 |              |          |
| 1      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 2      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 3      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 4      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 5      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 6      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 7      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 8      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 9      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 10     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 11     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 12     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 13     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 14     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 15     |             |                        |       |       |       |              |          |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวอภิญญา สันคม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินสมรรถนะ

| พฤติกรรมการทำงาน                                                                        | ระดับพฤติกรรม                                                                                          |                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                         | ระดับ 1                                                                                                | ระดับ 2                                                                                                  | ระดับ 3                                                                                                                           | ระดับ 4                                                                                                           |
| <b>ความสามารถในการสื่อสาร</b>                                                           |                                                                                                        |                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
| 1. พุดถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง ฟังหรือดูตามที่กำหนดได้                 | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ จากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู แต่มีจุดติดขัด และมีจุดผิดพลาด 4 จุดขึ้นไป | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู แต่มีจุดติดขัด หรือมีจุดผิดพลาด 3 จุด         | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูได้ อย่างคล่องแคล่ว ชัดเจน แต่มีจุดผิดพลาด 1 – 2 จุด                    | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูได้อย่างคล่องแคล่ว ชัดเจน มั่นใจ ไม่มีจุดผิดพลาด        |
| 2. พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูตามที่กำหนดได้ | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล ผิดประเด็น  | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล               | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ อย่างสมเหตุสมผล                                         | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ อย่างสมเหตุสมผล คล่องแคล่ว ชัดเจนมั่นใจ |
| 3. เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู จากที่กำหนดได้                 | เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่ได้ใจความ มีข้อผิดพลาด 4 จุดขึ้นไป      | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ได้และได้ใจความเป็นบางส่วน มีข้อผิดพลาด 3 จุด | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ และได้ใจความเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ มีข้อผิดพลาด 1 – 2 จุด | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้และได้ใจความครบคลุม ครบถ้วนและถูกต้อง                |
| 4. เลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึง                                   | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า มีการใช้                                                | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า แต่มีการใช้                                               | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า แต่เกิดผล                                                                          | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความเหมาะสมและ                                                                 |

|                                      |                                                                               |                                                      |                           |                                                          |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|
| ผลกระทบที่มี<br>ต่อตนเองและ<br>สังคม | คำพูดชั่วร้าย ไม่ให้<br>เกียรติผู้อื่น และ<br>เกิดผลกระทบต่อ<br>ตนเองและสังคม | คำพูดชั่วร้าย และ<br>เกิดผลกระทบต่อ<br>ตนเองและสังคม | กระทบต่อตนเอง<br>และสังคม | คุ้มค่า<br>โดยไม่เกิด<br>ผลกระทบ<br>ต่อตนเองและ<br>สังคม |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินสมรรถนะ

- คะแนน 13 – 16 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม
- คะแนน 9 – 12 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ดี
- คะแนน 5 – 8 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ พอใช้
- คะแนน 1 – 4 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ปรับปรุง



## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12

ว30224 วิชาเคมีเพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 กรด-เบส 1

จำนวน 15 ชั่วโมง

เรื่อง คู่กรด-เบส

เวลา 3 ชั่วโมง

### 1. สาระเคมี

**ข้อที่ 2** เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**ผลการเรียนรู้ที่ 2** ระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรี

### 2. สาระสำคัญ

ตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีเมื่อกรดหรือเบสละลายน้ำหรือทำปฏิกิริยากับสารอื่นจะมีการถ่ายโอนโปรตอนระหว่างสารตั้งต้นที่เป็นกรดและเบส เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นโมเลกุลหรือไอออนที่เป็นคู่กรด-เบสของสารตั้งต้นนั้น โดยสารที่เป็นคู่กรด-เบสกันจะมีโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน

### 3. สาระการเรียนรู้

คู่กรด-เบส

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 4.1 ผู้เรียนสามารถระบุระบุคู่กรด-เบสของสารตามทฤษฎีกรด-เบสของเบรินสเตด-ลาวรีได้ (K)
- 4.2 ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับเกมออนไลน์เพื่อเลือกใช้ในการสร้างเกมออนไลน์คู่กรด-เบสได้อย่างเหมาะสม (P)
- 4.3 ผู้เรียนสามารถออกแบบการสร้างเกมออนไลน์คู่กรด-เบสและโจทย์เกี่ยวกับการระบุคู่กรด-เบสได้ (P)
- 4.4 ผู้เรียนสามารถสร้างเกมออนไลน์คู่กรด-เบสสำเร็จ และใช้งานได้ (P)
- 4.5 ผู้เรียนมีวินัยในการทำงานและตระหนักในหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเอง (A)

### 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ความสามารถในการสื่อสาร

## 6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

มุ่งมั่นในการทำงาน

## 7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

7.1 ใบกิจกรรม เรื่อง สื่อเกมคู่กรด-เบส

7.2 สื่อเกมคู่กรด-เบส

## 8. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) 6 ขั้นตอน ดังนี้

### ขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ (Focus)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 4 คน แบบความสามารถ ประกอบด้วย นักเรียนเรียนเก่ง จำนวน 1 คน นักเรียนเรียนปานกลางจำนวน 2 - 3 คน และนักเรียนเรียนอ่อน จำนวน 1 คน ร่วมกันศึกษาสถานการณ์ที่ครูยกมาในใบกิจกรรม และร่วมกันตอบคำถามของครู

ปัจจุบันหลายโรงเรียนกำลังประสบปัญหาโรคระบาด COVID-19 โดยในการสอบเก็บคะแนน รายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องคู่กรด-เบส พบว่ามีนักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 สอบไม่ผ่าน เนื่องจากสัปดาห์ที่ผ่านมา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มากกว่าร้อยละ 50 ป่วยเป็นโควิด-19 และพักรักษาตัวอยู่ที่บ้าน ครูจึงได้จัดการเรียนการสอนผ่านระบบออนไลน์ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีส่วนร่วมในชั้นเรียน ทำให้ไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน และไม่กล้าถามหรือปรึกษาครู ครูผู้สอนจึงต้องการให้นักเรียนที่ไม่ผ่านสอบใหม่อีกครั้ง โดยครูจะสอนซ่อมเสริมและทบทวนเนื้อหาใหม่แก่นักเรียน และให้นักเรียนที่สอบผ่านช่วยติวในรูปแบบออนไลน์ให้กับนักเรียนที่ยังสอบไม่ผ่าน นักเรียนที่สอบผ่านปรึกษาและเห็นตรงกันว่าวิธีการติวโดยใช้เกมน่าสนใจ และน่าจะสามารถทำให้เพื่อนเข้าใจเนื้อหาได้เร็วที่สุดและง่ายที่สุด

**คำถาม :** นักเรียนคิดว่าปัญหาในสถานการณ์คืออะไร ?

2. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรม โดยได้ข้อสรุปร่วมกันว่า เป็นปัญหาการสอบไม่ผ่านในรายวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องคู่กรด-เบส

## ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อตอบคำถามของครูในใบกิจกรรมเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์มาให้ได้มากที่สุดภายใน 5 นาที

**คำถาม :** นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุของการสอบไม่ผ่าน?

**แนวคำตอบ :** การขาดความเข้าใจความรู้ในเรื่องคูกรด-เบส การออกแบบการสอนของครูที่ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วม การไม่ตั้งใจเรียน กิจกรรมการสอนไม่ดึงดูด อุปกรณ์การเรียนไม่เอื้ออำนวย

2. นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาการสอบไม่ผ่านโดยได้ข้อสรุปร่วมกันว่าเกิดจากการขาดความเข้าใจความรู้ในเรื่องคูกรด-เบส การออกแบบการสอนของครูที่ไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วม การไม่ตั้งใจเรียน กิจกรรมการสอนไม่ดึงดูด อุปกรณ์การเรียนไม่เอื้ออำนวย ซึ่งนักเรียนการขาดความเข้าใจความรู้ในเรื่องคูกรด-เบส ถือเป็นปัจจัยหลักที่ทำให้เกิดปัญหาการสอบไม่ผ่าน
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับบทบาทสมมติเป็นเพื่อนที่สอบผ่าน ซึ่งนักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรในการติวผ่านการเล่นเกมให้เพื่อนที่สอบไม่ผ่านในรูปแบบออนไลน์
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาให้มากที่สุดลงในใบกิจกรรม เพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับออกแบบการสร้างเกมออนไลน์เพื่อติวให้เพื่อนที่สอบไม่ผ่าน เรื่องคูกรด-เบส โดยมีข้อกำหนดว่านักเรียนแต่ละกลุ่มต้องใช้เกมที่ไม่ซ้ำกัน และภายในเกมต้องมีเนื้อหาเกี่ยวกับคูกรด-เบส ลงในใบกิจกรรม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลผ่านแหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ตได้ โดยมีครูคอยสนับสนุนและให้คำแนะนำหรือแนวทางให้การหาแหล่งเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือ

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและหาข้อมูลประเด็นที่นักเรียนตั้งไว้ในใบกิจกรรม

### ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า (Discovery)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันพิจารณาคำถามของครูเพื่อกระตุ้นความสนใจ และกระตุ้นให้นักเรียนสืบค้นว่าคูกรด-เบส คืออะไร  
**คำถาม :** นักเรียนรู้หรือไม่ว่ากรด-เบส ที่เรารู้จักและคุ้นเคยด้วยนะ ?
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสืบค้นความหมายของคูกรด-เบสจากแหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ต และอภิปรายร่วมกับครูเบื้องต้นว่าคูกรด-เบส คือ สารที่มี  $H^+$  ต่างกัน 1 ตัว โดยที่ คูกรดจะมี  $H^+$  มากกว่าคูเบส 1 ตัว โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนยกตัวอย่างสาร 1 ตัวเพื่อวิเคราะห์คูกรดเบส ร่วมกัน เช่น  $H_2O$  ความเป็นเบส เพราะฉะนั้นคูกรดของน้ำคือ  $H_3O^+$  เพื่อสร้างความเข้าใจและให้นักเรียนเห็นภาพมากขึ้น
3. นักเรียนร่วมกันพิจารณาปฏิกิริยาของกรดไฮโดรฟลูออริกในน้ำที่ครูนำมาเสนอผ่านสื่อ PowerPoint และอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม เพื่อให้นักเรียนระบุว่าสารตั้งต้นแต่ละชนิดเป็นกรดหรือเบสตามทฤษฎี กรด-เบสเบรินสเต็ด-ลาวรี ซึ่งครูคอยชี้แนะและกระตุ้นให้นักเรียนได้ข้อสรุปร่วมกันว่า  $HF$  เป็นกรดและ  $H_2O$  เป็นเบส
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาปฏิกิริยาย้อนกลับของกรดไฮโดรฟลูออริกในน้ำและระบุความเป็นกรด-เบสของ  $H_3O^+$  และ  $F^-$
5. นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปฏิกิริยาย้อนกลับของกรดไฮโดรฟลูออริกในน้ำ โดยได้ข้อสรุปร่วมกันว่า  $H_3O^+$  เป็นกรด และ  $F^-$  เป็นเบส
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับความหมายของคูกรด-เบสโดยใช้ตัวอย่าง  $F^-$  ซึ่งเป็นคูเบสของกรด  $HF$  จากหนังสือเรียน เคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 9-10
7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาว่าสารใดเป็นคูกรดของ  $H_2O$  ร่วมกัน โดยครูคอยชี้แนะให้นักเรียนได้ข้อสรุปร่วมกันว่า  $H_3O^+$
8. นักเรียนแต่ละกลุ่มจับฉลากปฏิกิริยา เพื่อร่วมกันระบุคูกรด-เบสของสารในปฏิกิริยา และออกมาอธิบายหน้าชั้นเรียน โดยมีครูสะท้อนผลกลับทันที

9. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับการระบุคูกรด-เบสของสารที่สามารถให้หรือรับโปรตอนได้มากกว่า 1 โปรตอนต่อ 1 โมเลกุล จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 11
10. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาคำถามของครูว่าสารที่เป็นคูกรด-เบสกันมีโปรตอนต่างกันกี่โปรตอน แล้วให้นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายจากตัวอย่างปฏิกิริยาที่ศึกษามา ซึ่งครูคอยชี้แนะให้นักเรียนได้ข้อสรุปร่วมกันว่า สารที่เป็นคูกรด-เบสกันมีจำนวนโปรตอนต่างกัน 1 โปรตอน
11. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความหมายของสารแอมโฟเทอริก จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 13 และแหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ตเพิ่มเติม

#### ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ (Application)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ศึกษาร่วมกันออกแบบเกมในรูปแบบออนไลน์เพื่อติวให้เพื่อน โดยออกแบบในใบกิจกรรม ซึ่งครูเปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาแนวทางการสร้างเกมออนไลน์เพิ่มเติมผ่านแหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ตได้
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบโจทย์คำถามเกี่ยวกับเรื่องคูกรด-เบส โดยเขียนโจทย์ที่นักเรียนตั้ง พร้อมกับอธิบายวิธีการทำ และเฉลยอย่างละเอียดลงในใบกิจกรรม เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างเกมออนไลน์
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือสร้างเกมออนไลน์เรื่องคูกรด-เบสตามที่ได้วางแผนไว้

#### ขั้นที่ 5 นำเสนอ (Presentation)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกมานำเสนอ แนะนำเกมออนไลน์เรื่องคูกรด-เบสของกลุ่มตนเอง และชวนนักเรียนกลุ่มอื่นเล่นเกมออนไลน์เรื่องคูกรด-เบส หน้าชั้นเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นร่วมกันวิเคราะห์ความถูกต้องของกลุ่มที่นำเสนอ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เปิดโอกาสให้เพื่อนกลุ่มนำเสนอได้อธิบายความคิดของตนเองออกมาอย่างสร้างสรรค์ เห็นภาพและเป็นรูปธรรม และสนับสนุนให้นักเรียน

กลุ่มอื่นแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องคูกรด-เบสร่วมกัน  
ด้วย

### ขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง (Link)

1. นักเรียนและครูร่วมกันประเมินผลงานการออกแบบสื่อเกมออนไลน์ที่  
นักเรียนนำเสนอ โดยครูให้ข้อเสนอแนะและข้อควรปรับปรุงเพิ่มเติม
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มกลับไปปรับปรุงผลงานสื่อเกมออนไลน์เรื่องคูกรด-  
เบสของกลุ่มตนเอง
3. นักเรียนสะท้อนความรู้ที่นักเรียนได้รับ และซักถามเพิ่มเติม

## 9. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้

### 9.1 สื่อการเรียนรู้

- 9.1.1 หนังสือเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม ม.5 เล่ม 4 สำนักพิมพ์สถาบัน  
ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
- 9.1.2 สื่อนำเสนอ (PowerPoint) ชุดที่ 1 เรื่องคูกรด-เบส
- 9.1.3 ใบกิจกรรม สื่อเกมคูกรด-เบส

### 9.2 อุปกรณ์การเรียนรู้

- 9.2.1 เครื่องฉาย คอมพิวเตอร์ 1 ชุด
- 9.2.2 คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

## 10. การวัดและการประเมินผล

| เป้าหมายการเรียนรู้                                                               | หลักฐานผล<br>การเรียนรู้ | วิธีการวัด           | เครื่องมือวัด           | เกณฑ์การประเมิน                                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|
| <b>ความรู้ (K)</b>                                                                |                          |                      |                         |                                                       |
| ผู้เรียนสามารถระบุ<br>คูกรด-เบสของสารตาม<br>ทฤษฎีกรด-เบสของเบ<br>รินสเตด-ลาวรีได้ | ใบกิจกรรม                | การตรวจใบ<br>กิจกรรม | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม | นักเรียนมีระดับการ<br>ประเมินใบกิจกรรม<br>ระดับดีขึ้น |
| <b>ทักษะกระบวนการ (P)</b>                                                         |                          |                      |                         |                                                       |
| ผู้เรียนสามารถสืบค้น<br>ข้อมูลเกี่ยวกับเกม<br>ออนไลน์เพื่อเลือกใช้                | ใบกิจกรรม                | การตรวจใบ<br>กิจกรรม | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม | นักเรียนมีระดับการ<br>ประเมินใบกิจกรรม<br>ระดับดีขึ้น |

|                                                                                                       |                                                                                |                                                                          |                                          |                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| การสร้างเกมออนไลน์คู่<br>กรด-เบสได้อย่าง<br>เหมาะสม                                                   |                                                                                |                                                                          |                                          |                                                                         |
| ผู้เรียนสามารถออกแบบ<br>การสร้างเกมออนไลน์คู่<br>กรด-เบสและโจทย์<br>เกี่ยวกับการระบุคู่กรด-<br>เบสได้ | ใบกิจกรรม                                                                      | การตรวจใบ<br>กิจกรรม                                                     | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม                  | นักเรียนมีระดับการ<br>ประเมินใบกิจกรรม<br>ระดับดีขึ้น                   |
| ผู้เรียนสามารถสร้างเกม<br>ออนไลน์คู่กรด-เบส                                                           | สื่อเกมคู่กรด-<br>เบส                                                          | การประเมิน<br>สื่อเกมคู่กรด-<br>เบส                                      | แบบประเมิน<br>สื่อเกมคู่กรด-<br>เบส      | นักเรียนมีระดับการ<br>ประเมินการนำเสนอ<br>ระดับดีขึ้น                   |
| <b>เจตคติหรือคุณลักษณะ (A)</b>                                                                        |                                                                                |                                                                          |                                          |                                                                         |
| ผู้เรียนมุ่งมั่นในการ<br>ทำงานและตระหนักใน<br>หน้าที่ความรับผิดชอบ<br>ของตนเอง                        | ใบกิจกรรม                                                                      | การตรวจใบ<br>กิจกรรม                                                     | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม                  | นักเรียนส่งใบ<br>กิจกรรมที่                                             |
| <b>สมรรถนะสำคัญ</b>                                                                                   |                                                                                |                                                                          |                                          |                                                                         |
| ความสามารถในการ<br>สื่อสาร                                                                            | การมีส่วนร่วมใน<br>ชั้นเรียน เช่น<br>การแสดงความ<br>คิดเห็น และการ<br>ตอบคำถาม | การประเมิน<br>พฤติกรรมของ<br>ผู้เรียนระหว่าง<br>ทำกิจกรรมใน<br>ชั้นเรียน | แบบประเมิน<br>สมรรถนะ                    | นักเรียนมีสมรรถนะ<br>ระดับดีขึ้น                                        |
| <b>คุณลักษณะอันพึงประสงค์</b>                                                                         |                                                                                |                                                                          |                                          |                                                                         |
| การมุ่งมั่นในการทำงาน                                                                                 | การมีส่วนร่วมใน<br>ชั้นเรียน และ<br>การตอบคำถาม<br>ของผู้เรียน                 | การประเมิน<br>พฤติกรรมของ<br>ผู้เรียนระหว่าง<br>เรียน                    | แบบประเมิน<br>คุณลักษณะอัน<br>พึงประสงค์ | นักเรียนมีระดับการ<br>ประเมินคุณลักษณะ<br>อันพึงประสงค์ ระดับ<br>ดีขึ้น |

ใบกิจกรรม

เรื่อง สื่อเกมคู่กรด-เบส

กลุ่มที่..... สมาชิกกลุ่มประกอบด้วย

.....

.....

.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำกิจกรรมและตอบคำถามให้ถูกต้อง

**สถานการณ์**

ปัจจุบันหลายโรงเรียนกำลังประสบปัญหาโรคระบาด COVID-19 โดยในการสอบเก็บคะแนน รายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องคู่กรด-เบส พบว่ามีนักเรียนมากกว่าร้อยละ 50 สอบไม่ผ่าน เนื่องจากสัปดาห์ที่ผ่านมา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มากกว่าร้อยละ 50 ป่วยเป็นโควิด-19 และพักรักษาตัวอยู่ที่บ้าน ครูจึงได้จัดการเรียนการสอนผ่านระบบออนไลน์ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีส่วนร่วมในชั้นเรียน ทำให้ไม่เข้าใจเนื้อหาที่เรียน และไม่กล้าถามหรือปรึกษาครู ครูผู้สอนจึงต้องการให้นักเรียนที่ไม่ผ่านสอบใหม่อีกครั้ง โดยครูจะสอนซ่อมเสริมและทบทวนเนื้อหาใหม่แก่นักเรียน และให้นักเรียนที่สอบผ่านช่วยติวในรูปแบบออนไลน์ให้กับนักเรียนที่ยังสอบไม่ผ่าน นักเรียนที่สอบผ่านปรึกษาและเห็นตรงกันว่าวิธีการติวโดยใช้เกมน่าสนใจและน่าจะสามารถทำให้เพื่อนเข้าใจเนื้อหาได้เร็วที่สุดและง่ายที่สุด

1. ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวมากจากอะไรบ้าง จงระบุมาให้มากที่สุด (การคิดอย่างสร้างสรรค์)

.....

.....

.....



5. ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบโจทย์คำถามเกี่ยวกับเรื่องคู่กรด-เบส โดยเขียน  
โจทย์ที่นักเรียนตั้ง พร้อมกับอธิบายวิธีการทำ และเฉลยอย่างละเอียด จำนวน 5  
ข้อ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการสร้างเกมออนไลน์ (สร้างนวัตกรรม)



### เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินใบกิจกรรม

| พฤติกรรมการทำงาน                      | ระดับคุณภาพ                                                                                             |                                                                                                            |                                                                                                                     |                                                                                                                 |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | ระดับ 1                                                                                                 | ระดับ 2                                                                                                    | ระดับ 3                                                                                                             | ระดับ 4                                                                                                         |
| การคิดอย่างสร้างสรรค์                 | ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องน้อยกว่า 2 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                       | ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง 2 – 3 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                              | ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้หลากหลายถูกต้อง 4 – 5 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                               | ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้หลากหลาย ถูกต้องมากกว่า 5 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                       |
|                                       | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบสื่อเกมคู่กรด-เบสออนไลน์ได้น้อยกว่า 2 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบสื่อเกมคู่กรด-เบสออนไลน์ได้มากกว่า 2 – 3 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบสื่อเกมคู่กรด-เบสออนไลน์ได้หลากหลาย มากกว่า 4 – 5 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบสื่อเกมคู่กรด-เบสออนไลน์ได้หลากหลาย มากกว่า 5 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที |
| การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ | ร่วมกันออกแบบสร้างเกมออนไลน์คู่กรด-เบส ซึ่งซ้ำกับกลุ่มอื่น                                              | ร่วมกันออกแบบสร้างเกมออนไลน์คู่กรด-เบสที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น แต่ไม่เหมาะสมกับสถานการณ์             | ร่วมกันออกแบบสร้างเกมออนไลน์คู่กรด-เบสที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น เหมาะสมกับสถานการณ์ แต่ใช้งานยาก               | ร่วมกันออกแบบสร้างเกมออนไลน์คู่กรด-เบสที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น เหมาะสมกับสถานการณ์และใช้งานได้ง่าย        |
| การสร้างนวัตกรรม                      | ออกแบบและสร้างโจทย์คำถามที่เกี่ยวข้องกับคู่กรด-เบสได้ถูกต้อง แต่ซ้ำกับกลุ่มอื่นมากกว่า 2 ใน 5 ข้อ       | ออกแบบและสร้างโจทย์คำถามที่เกี่ยวข้องกับคู่กรด-เบสได้ถูกต้อง แต่ซ้ำกับกลุ่มอื่น 2 ใน 5 ข้อ                 | ออกแบบและสร้างโจทย์คำถามที่เกี่ยวข้องกับคู่กรด-เบสได้ถูกต้อง แต่ซ้ำกับกลุ่มอื่น 1 ใน 5 ข้อ                          | ออกแบบและสร้างโจทย์คำถามที่เกี่ยวข้องกับคู่กรด-เบสได้ถูกต้อง ไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น                                 |
|                                       | ไม่วาดภาพ แต่เขียนอธิบาย                                                                                | วาดภาพ และอธิบายรายละเอียด                                                                                 | วาดภาพ และอธิบายรายละเอียด                                                                                          | วาดภาพ และอธิบายรายละเอียด                                                                                      |

|  |                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                            |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | รายละเอียด<br>องค์ประกอบของ<br>สื่อเกมที่นักเรียน<br>ออกแบบ                                                                   | องค์ประกอบของสื่อ<br>เกมที่นักเรียน<br>ออกแบบ และเขียน<br>วิธีการสร้างเกมได้<br>อย่างละเอียด เป็น<br>ลำดับ แต่ไม่ครบทุก<br>ขั้นตอน                                              | องค์ประกอบของสื่อ<br>เกมที่นักเรียน<br>ออกแบบ และเขียน<br>วิธีการสร้างเกมได้<br>อย่างละเอียด เป็น<br>ลำดับ ครบทุกขั้นตอน<br>เห็นภาพได้อย่าง<br>ชัดเจนพร้อมกับแต่ไม่<br>ติดภาพประกอบการ<br>สร้างเพื่ออ้างอิง | องค์ประกอบของสื่อ<br>เกมที่นักเรียน<br>ออกแบบ และเขียน<br>วิธีการสร้างเกมได้<br>อย่างละเอียด เป็น<br>ลำดับ ครบทุก<br>ขั้นตอน เห็นภาพได้<br>อย่างชัดเจนพร้อม<br>กับติดภาพ<br>ประกอบการสร้าง<br>เพื่ออ้างอิง |
|  | ออกแบบโจทย์<br>คำถามเกี่ยวกับ<br>เรื่องคู่กรด-เบส<br>พร้อมกับการอธิบาย<br>วิธีการทำ และ<br>เฉลยผิดอย่างน้อย<br>1 ข้อ ใน 5 ข้อ | ออกแบบโจทย์<br>คำถามเกี่ยวกับเรื่อง<br>คู่กรด-เบส พร้อม<br>กับการอธิบายวิธีการทำ<br>และเฉลยได้ถูกต้อง<br>แต่ไม่ละเอียด<br>สมบูรณ์ และไม่<br>เป็นขั้นตอน จำนวน 3 -<br>4 ใน 5 ข้อ | ออกแบบโจทย์คำถาม<br>เกี่ยวกับเรื่องคู่กรด-<br>เบส พร้อมกับการอธิบาย<br>วิธีการทำ และเฉลยได้<br>ถูกต้อง แต่ไม่ละเอียด<br>สมบูรณ์ และไม่<br>เป็นขั้นตอน จำนวน 1 - 2<br>ใน 5 ข้อ                               | ออกแบบโจทย์<br>คำถามเกี่ยวกับเรื่อง<br>คู่กรด-เบส พร้อม<br>กับการอธิบายวิธีการทำ<br>และเฉลยได้ถูกต้อง<br>ละเอียดสมบูรณ์<br>เป็นขั้นตอน ครบ<br>จำนวน 5 ข้อ                                                  |

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินใบกิจกรรม

|                   |                                                                          |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| ช่วงคะแนน 1 – 6   | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 1 คือ ปรับปรุง |
| ช่วงคะแนน 7 – 12  | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 2 คือ พอใช้    |
| ช่วงคะแนน 13 – 18 | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 3 คือ ดี       |
| ช่วงคะแนน 19 – 24 | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 4 คือ ดีเยี่ยม |

### เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินสื่อเกมคู่กรด-เบส

| พฤติกรรมการทำงาน           | ระดับคุณภาพ                                                                                                       |                                                                                                                           |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                            | ระดับ 1                                                                                                           | ระดับ 2                                                                                                                   | ระดับ 3                                                                                                                   | ระดับ 4                                                                                                                                                                                             |
| 1. ความถูกต้อง             | เนื้อหามีความถูกต้อง ร้อยละ 30 – 49                                                                               | เนื้อหามีความถูกต้อง ร้อยละ 50 – 69                                                                                       | เนื้อหามีความถูกต้อง ร้อยละ 70 – 89                                                                                       | เนื้อหามีความถูกต้อง ร้อยละ 90 ขึ้นไป                                                                                                                                                               |
| 2. ความสอดคล้องของข้อคำถาม | น้อยคำถามน้อยกว่า ร้อยละ 60 สอดคล้องกับเรื่องคู่กรด-เบส                                                           | ข้อคำถามร้อยละ 60 – 79 สอดคล้องกับเรื่องคู่กรด-เบส                                                                        | ข้อคำถามร้อยละ 80 – 99 สอดคล้องกับเรื่องคู่กรด-เบส                                                                        | ข้อคำถามทุกข้อ สอดคล้องกับเรื่องคู่กรด-เบส                                                                                                                                                          |
| 3. ความหลากหลายของข้อคำถาม | แนวข้อคำถามมีน้อยกว่า 2 รูปแบบ เช่น ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า ความคิดสร้างสรรค์ | แนวข้อคำถามมีความหลากหลาย 2 – 3 รูปแบบ เช่น ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า ความคิดสร้างสรรค์ | แนวข้อคำถามมีความหลากหลาย 4 – 5 รูปแบบ เช่น ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า ความคิดสร้างสรรค์ | แนวข้อคำถามมีความหลากหลาย มากกว่า 5 รูปแบบ เช่น ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า ความคิดสร้างสรรค์ ชีวิตประจำวันที่เป็นกรด-เบส รวมทั้งจัดวางองค์ประกอบได้ชัดเจน อ่านง่าย |
| 4. จำนวนของข้อคำถาม        | มีจำนวนข้อคำถามน้อยกว่า 3 ข้อ                                                                                     | มีจำนวนข้อคำถาม 3 – 4 ข้อ                                                                                                 | มีจำนวนข้อคำถาม 5 – 6 ข้อ                                                                                                 | มีจำนวนข้อคำถามมากกว่า 6 ข้อ                                                                                                                                                                        |

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินสื่อเกมคู่กรด-เบส

- ช่วงคะแนน 1 – 4 หมายถึง นักเรียนมีสื่อเกมคู่กรด-เบสระดับคุณภาพ 1 คือ ปรับปรุง
- ช่วงคะแนน 5 – 8 หมายถึง นักเรียนมีสื่อเกมคู่กรด-เบสระดับคุณภาพ 2 คือ พอใช้
- ช่วงคะแนน 9 – 12 หมายถึง นักเรียนมีสื่อเกมคู่กรด-เบสระดับคุณภาพ 3 คือ ดี
- ช่วงคะแนน 13 – 16 หมายถึง นักเรียนมีสื่อเกมคู่กรด-เบสระดับคุณภาพ 4 คือ ดีเยี่ยม

### แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ใส่ระดับคุณภาพ 1 – 4 ลงในช่องการประเมิน ให้ตรงกับความเป็นจริง

| เลขที่ | ชื่อ - สกุล | ระดับคะแนน             |       | รวม<br>คะแนน | ผลตัดสิน |
|--------|-------------|------------------------|-------|--------------|----------|
|        |             | ความมุ่งมั่นในการทำงาน |       |              |          |
|        |             | ข้อ 1                  | ข้อ 2 |              |          |
| 1      |             |                        |       |              |          |
| 2      |             |                        |       |              |          |
| 3      |             |                        |       |              |          |
| 4      |             |                        |       |              |          |
| 5      |             |                        |       |              |          |
| 6      |             |                        |       |              |          |
| 7      |             |                        |       |              |          |
| 8      |             |                        |       |              |          |
| 9      |             |                        |       |              |          |
| 10     |             |                        |       |              |          |
| 11     |             |                        |       |              |          |
| 12     |             |                        |       |              |          |
| 13     |             |                        |       |              |          |
| 14     |             |                        |       |              |          |
| 15     |             |                        |       |              |          |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวอวิศยา สันคม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

### เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

| เกณฑ์การประเมิน                                                 | ระดับ 1                                                                           | ระดับ 2                                                                                      | ระดับ 3                                                                                 | ระดับ 4                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>มุ่งมั่นในการทำงาน</b>                                       |                                                                                   |                                                                                              |                                                                                         |                                                                               |
| 1. ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่งาน                  | รับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายแต่ภาระงานไม่เสร็จ และเลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายแต่ภาระงานไม่สมบูรณ์ และเลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่และภาระที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จแต่เลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด |
| 2. ทำงานด้วยความเพียรพยายาม และอดทนเพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย | มีการปรับปรุงแก้ไขแต่ไม่พัฒนาการทำงาน แต่งานไม่เสร็จ สมบูรณ์และเลยเวลาที่กำหนด    | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน แต่งานไม่เสร็จ สมบูรณ์และเลยเวลาที่กำหนด                  | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน ให้ดีขึ้นแต่เลยเวลาที่กำหนด                          | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน ให้ดีขึ้นภายในเวลาที่กำหนด                 |

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

|       |       |         |                                                       |
|-------|-------|---------|-------------------------------------------------------|
| คะแนน | 7 – 8 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม |
| คะแนน | 5 – 6 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดี       |
| คะแนน | 3 – 4 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดีพอใช้  |
| คะแนน | 1 – 2 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง |

### แบบประเมินสมรรถนะ

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ใส่ระดับคุณภาพ 1 - 4 ลงในช่องการประเมิน ให้ตรงกับความเป็นจริง

| เลขที่ | ชื่อ - สกุล | ระดับคะแนน             |       |       |       | รวม<br>คะแนน | ผลตัดสิน |
|--------|-------------|------------------------|-------|-------|-------|--------------|----------|
|        |             | ความสามารถในการสื่อสาร |       |       |       |              |          |
|        |             | ข้อ 1                  | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 |              |          |
| 1      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 2      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 3      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 4      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 5      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 6      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 7      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 8      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 9      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 10     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 11     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 12     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 13     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 14     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 15     |             |                        |       |       |       |              |          |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวอภิญญา สันคม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินสมรรถนะ

| พฤติกรรมการทำงาน                                                                        | ระดับพฤติกรรม                                                                                          |                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                         | ระดับ 1                                                                                                | ระดับ 2                                                                                                  | ระดับ 3                                                                                                                           | ระดับ 4                                                                                                           |
| <b>ความสามารถในการสื่อสาร</b>                                                           |                                                                                                        |                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
| 1. พุดถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง ฟังหรือดูตามที่กำหนดได้                 | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ จากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู แต่มีจุดติดขัด และมีจุดผิดพลาด 4 จุดขึ้นไป | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู แต่มีจุดติดขัด หรือมีจุดผิดพลาด 3 จุด         | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูได้ อย่างคล่องแคล่ว ชัดเจน แต่มีจุดผิดพลาด 1 – 2 จุด                    | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูได้อย่างคล่องแคล่ว ชัดเจน มั่นใจ ไม่มีจุดผิดพลาด        |
| 2. พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูตามที่กำหนดได้ | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล ผิดประเด็น  | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล               | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ อย่างสมเหตุสมผล                                         | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ อย่างสมเหตุสมผล คล่องแคล่ว ชัดเจนมั่นใจ |
| 3. เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู จากที่กำหนดได้                 | เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่ได้ใจความ มีข้อผิดพลาด 4 จุดขึ้นไป      | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ได้และได้ใจความเป็นบางส่วน มีข้อผิดพลาด 3 จุด | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ และได้ใจความเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ มีข้อผิดพลาด 1 – 2 จุด | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้และได้ใจความครบคลุม ครบถ้วนและถูกต้อง                |
| 4. เลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึง                                   | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า มีการใช้                                                | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า แต่มีการใช้                                               | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า แต่เกิดผล                                                                          | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความเหมาะสมและ                                                                 |

|                                      |                                                                               |                                                      |                           |                                                          |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|
| ผลกระทบที่มี<br>ต่อตนเองและ<br>สังคม | คำพูดชั่วร้าย ไม่ให้<br>เกียรติผู้อื่น และ<br>เกิดผลกระทบต่อ<br>ตนเองและสังคม | คำพูดชั่วร้าย และ<br>เกิดผลกระทบต่อ<br>ตนเองและสังคม | กระทบต่อตนเอง<br>และสังคม | คุ้มค่า<br>โดยไม่เกิด<br>ผลกระทบ<br>ต่อตนเองและ<br>สังคม |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินสมรรถนะ

- คะแนน 13 – 16 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม
- คะแนน 9 – 12 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ดี
- คะแนน 5 – 8 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ พอใช้
- คะแนน 1 – 4 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ปรับปรุง



### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13

ว30224 วิชาเคมีเพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 กรด-เบส 1

จำนวน 15 ชั่วโมง

เรื่อง การแตกตัวของกรด เบส และน้ำ

เวลา 4 ชั่วโมง

#### 1. สาระเคมี

**ข้อที่ 2** เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**ผลการเรียนรู้ที่ 3** คำนวณ และเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบส

#### 2. สาระสำคัญ

กรดและเบสแต่ละชนิดสามารถแตกตัวในน้ำได้แตกต่างกัน กรดแก่หรือเบสแก่สามารถแตกตัวเป็นไอออนในน้ำได้เกือบสมบูรณ์ ส่วนกรดอ่อนหรือเบสอ่อนแตกตัวเป็นไอออนได้น้อย โดยความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดหรือเบส อาจพิจารณาได้จากค่าคงที่การแตกตัวของกรดหรือเบส หรือปริมาณการแตกตัวเป็นร้อยละของกรดหรือเบส

#### 3. สาระการเรียนรู้

3.1 การแตกตัวของกรดแก่และเบสแก่

3.2 การแตกตัวของกรดอ่อน

3.3 การแตกตัวของเบสอ่อน

3.4 การแตกตัวของน้ำ

#### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

4.1 ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบสได้ (K)

4.2 ผู้เรียนสามารถคำนวณ ความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบสได้ (P)

4.3 ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดสอบความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้ (P)

- 4.4 ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลอง และความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (P)
- 4.5 ผู้เรียนสามารถทดสอบความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และนำเสนอผลการทดลองที่เปรียบเทียบกับผลการคำนวณความแรงของกรด-เบสได้ (P)
- 4.6 ผู้เรียนมีวินัยในการทำงานและตระหนักในหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเอง (A)
5. **สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน**  
ความสามารถในการสื่อสาร
6. **คุณลักษณะอันพึงประสงค์**  
มุ่งมั่นในการทำงาน
7. **ชิ้นงาน/ภาระงาน**
  - 7.1 ใบกิจกรรม เรื่อง ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน
  - 7.2 รายงานการทดลอง
8. **กิจกรรมการเรียนรู้**

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEAM Education) 6 ขั้นตอน ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ (Focus)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 4 คน แบบละความสามารถ ประกอบด้วย นักเรียนเรียนเก่ง จำนวน 1 คน นักเรียนเรียนปานกลางจำนวน 2 - 3 คน และนักเรียนเรียนอ่อน จำนวน 1 คน โดยแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาสถานการณ์ที่ครูนำมาเสนอในใบกิจกรรม และช่วยกันตอบคำถามของครู ซึ่งครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและมีส่วนร่วมในชั้นเรียน

นายเอเป็นนักเรียนโรงเรียนประจำอำเภอแห่งหนึ่งในจังหวัดแพร่ เขาได้รับมอบหมายหน้าที่ภายในบ้านจากผู้ปกครองให้ทำงานบ้าน ได้แก่ การทำความสะอาดบ้าน และล้างห้องน้ำ ในระหว่างทำความสะอาดบ้านเขาได้เผลอทำน้ำส้มสายชูหกเลอะ และหกใส่มือ ซึ่งไม่เกิดอาการผิดปกติใด ๆ กับผิวหนังหรือร่างกาย และในระหว่างที่นายเอกำลังล้างห้องน้ำเขาไม่ได้ใส่ถุงมือ เมื่อผิวหนังถูกน้ำยาล้างห้องน้ำไปได้ซักระยะจึงเกิดอาการแสบร้อน เขาจึงหาข้อมูลในอินเทอร์เน็ตและพบว่าน้ำส้มสายชูและน้ำยาล้างห้องน้ำมีฤทธิ์เป็นกรดทั้งคู่ ทำให้เขาเกิดความสงสัยว่าเหตุใดน้ำส้มสายชูที่มีความเป็นกรดเหมือนกับน้ำยาล้างห้องน้ำจึงมีฤทธิ์ไม่เหมือนกัน และมีความอันตรายแตกต่างกัน

**คำถาม :** นักเรียนคิดว่าปัญหาจากสถานการณ์คืออะไร ?

2. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายปัญหาจากสถานการณ์ในใบกิจกรรม โดยได้ข้อสรุปพร้อมกันว่า เป็นปัญหาการได้รับบาดเจ็บจากสารเคมีในชีวิตประจำวัน

## ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายภายในกลุ่มเพื่อตอบคำถามของครูในใบกิจกรรม เกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาในสถานการณ์ มาให้ได้มากที่สุดภายใน 5 นาที

**คำถาม :** นักเรียนคิดว่าอะไรคือสาเหตุของปัญหาดังกล่าวคืออะไร ?

**แนวคำตอบ :** การขาดความรู้ในการระบุความแรงของกรด-เบส การไม่สวมอุปกรณ์ป้องกันสำหรับทำความสะอาด และการขาดความรู้ระมัดระวังตัวเอง การขาดความรู้เกี่ยวกับอันตรายจากกรด

2. นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับสาเหตุของปัญหาดังกล่าวโดยได้ข้อสรุปพร้อมกันว่าปัญหาดังกล่าวเกิดจาก การขาดความรู้ในการระบุความแรงของกรด-เบส การไม่ใช้อุปกรณ์ป้องกันสำหรับทำความสะอาด และการขาดความรู้ระมัดระวังตัวเอง
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มได้รับบทบาทสมมติว่าหากตนเองเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับเกียรติให้มาเป็นวิทยากรให้ความรู้เกี่ยวกับความแรงของกรด-เบสแก่โรงเรียนที่นายเอเรียนอยู่ โดยนักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรเพื่อพิสูจน์และใช้เป็นหลักฐานอ้างอิง เพื่อแสดงให้นายเอเข้าใจว่าสารในชีวิตประจำวันมีความเป็นกรด-เบส ซึ่งมีความรุนแรงที่แตกต่างกัน และให้นายเอเกิดการตระหนักและระวังอันตรายจากการใช้สารเคมีต่าง ๆ มากขึ้น
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาให้ได้มากที่สุดลงในใบกิจกรรม เพื่อร่วมกันออกแบบการทดลอง และเพื่อระบุความรุนแรงของกรด-เบสของสารในชีวิตประจำวันอย่างคร่าว ๆ

โดยมีข้อกำหนดว่านักเรียนต้องใช้สารที่มีในชีวิตประจำวันของนักเรียน ไม่ซ้ำกัน และมีวิธีการทดลองที่สร้างสรรค์ เป็นระบบ เข้าใจง่าย สามารถใช้ทดลองได้จริง โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลผ่าน แหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ต จาก <https://pw.ac.th/sci/acid-base/content/ch5.html> หรือ <https://il.mahidol.ac.th/e-media/acid-base/C5.HTM> ตามคำแนะนำของครู

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและหาข้อมูลประเด็นที่นักเรียนตั้งไว้ในใบกิจกรรม

### ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า (Discovery)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาสมการเคมีที่ครูนำมาเสนอในใบกิจกรรม



2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตอบคำถามของครูเกี่ยวกับสมการดังกล่าว โดยครูยังไม่คำนึงถึงความถูกต้องของคำตอบ

**คำถาม :** หาก HX คือน้ำกรดที่เป็นกรดแก่ ซึ่งมีความเข้มข้น 2.5 mol/L และเกิดการแตกตัวนักเรียนคิดว่าความเข้มข้นของ  $\text{X}^{\text{-}}$  และ  $\text{H}^+$  จะเป็นเท่าใด ?

3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาคำถามกระตุ้นของครูเกี่ยวกับการแตกตัวของกรด-เบสแก่และอ่อน เพื่อให้นักเรียนเกิดคำถาม และเกิดความพยายามในการหาคำตอบ และเกิดความคิดคล่องในการตอบคำถาม

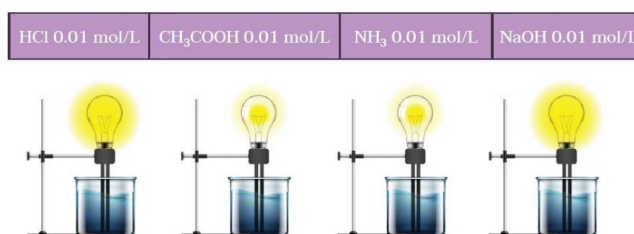
**คำถามกระตุ้น :** แล้วนักเรียนคิดว่าถ้าเปลี่ยน HX เป็นกรดอ่อนและเบสอ่อน ความเข้มข้นของ  $\text{X}^{\text{-}}$  และ  $\text{H}^+$  จะเป็นอย่างไรได้บ้าง จะเหมือนกับกรดแก่ อย่างไร ?

4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณารูป 10.1 ในหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 14 ซึ่งแสดงความสว่างของหลอดไฟที่ต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดไฟฟ้าและสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากัน และร่วมกันวิเคราะห์คำถามของครู โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนสังเกตและแสดงความคิดเห็น

**คำถาม :** กรดและเบสแต่ละชนิดแตกตัวเป็นไอออนแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ?

**แนวคำตอบ :** กรดและเบสแต่ละชนิดแตกตัวเป็นไอออนได้ไม่เท่ากัน โดย HCl แตกตัวได้ดีกว่า  $\text{CH}_3\text{COOH}$  และ NaOH แตกตัวได้ดีกว่า  $\text{NH}_3$

5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทบทวนความรู้ผ่านการอธิบายของครูจากสื่อ PowerPoint ว่ากรดมี pH น้อยกว่า 7 ส่วนเบสมี pH มากกว่า 7
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 14 โดยครูอธิบายเพิ่มเติมว่าความสามารถในการแตกตัวของกรดและเบสสัมพันธ์กับค่า pH โดยสารละลายที่มีความเข้มข้นเท่ากัน กรดที่แตกตัวได้ดีกว่ามี pH ต่ำ กว่า และเบสที่แตกตัวได้ดีกว่ามี pH สูงกว่า
7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแสดงความคิดเห็นต่อภาพที่ครูนำมาเสนอผ่านสื่อ PowerPoint และตอบคำถามเพื่ออธิบายสิ่งที่นักเรียนเข้าใจ และฝึกให้นักเรียนอธิบายความคิดของตนเองให้ผู้อื่นเข้าใจได้



**คำถาม :** ให้นักเรียนเรียงลำดับสารละลายในรูปที่มีค่า pH จากน้อยไปหามาก ?

**แนวคำตอบ :** pH ของสารละลาย  $\text{HCl} < \text{CH}_3\text{COOH} < \text{NH}_3 < \text{NaOH}$

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับการแตกตัวของกรดแก่จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 15 โดยครูแสดงการเขียนสมการเคมีแสดงการแตกตัวของกรด HX ในน้ำผ่านสื่อ PowerPoint
9. นักเรียนและครูอภิปรายร่วมกันการแตกตัวของเบสแก่ โดยได้ข้อสรุปร่วมกันว่าเบสแก่แตกตัวเป็นไอออนในน้ำ ได้สมบูรณ์เช่นเดียวกับกรดแก่

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันยกตัวอย่างการแตกตัวของเบสแก่ต่าง ๆ และร่วมกันเขียนสมการการแตกตัวของเบสแก่ที่นักเรียนยกมาหน้าชั้นเรียน
11. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาตัวอย่างกรดแก่และเบสแก่ตามตาราง 10.1 จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 17 และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายว่าสูตรเคมีว่ามีความเชื่อมโยงกันอย่างไร โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นและอธิบายความคิดของตนเอง
12. นักเรียนแต่ละกลุ่มและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับสูตรเคมีว่ามีความเชื่อมโยงกันอย่างไร ซึ่งได้ข้อสรุปร่วมกันว่าในตาราง 10.1 กรดแก่ได้แก่ กรดทริฮาตของธาตุแฮโลเจน ยกเว้น HF และกรดออกซี ได้แก่  $\text{HClO}_4$   $\text{HNO}_3$  ส่วนเบสแก่ส่วนใหญ่เป็นไฮดรอกไซด์ของโลหะหมู่ IA และ IIA ยกเว้น  $\text{Mg(OH)}_2$
13. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการคำนวณความเข้มข้นของไอออนในสารละลายกรดแก่และเบสแก่ จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 17-18 และจากการอธิบายเพิ่มเติมของของครูผ่านสื่อ PowerPoint
14. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับการแตกตัวของกรดอ่อนจากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 19 โดยนักเรียนและครูร่วมกันเขียนสมการเคมีแสดงการแตกตัวของกรดอ่อน HA ในน้ำหน้าชั้นเรียน
15. นักเรียนศึกษาการคำนวณร้อยละการแตกตัวของกรดอ่อน จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 17-18 หน้า 20
16. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันเขียนสมการเคมีแสดงการแตกตัวของกรดอ่อน HA ในน้ำ และร่วมกันอภิปรายกับครูเกี่ยวกับความรู้เดิมเรื่องค่าคงที่สมดุล โดยให้นักเรียนเขียนสมการแสดงค่าคงที่สมดุลของ

ปฏิกิริยา โดยครูให้ความรู้ว่าค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยานี้ เรียกว่า ค่าคงที่การแตกตัวของกรดและมีสัญลักษณ์เป็น  $K_a$

17. นักเรียนแต่ละกลุ่มพิจารณาค่า  $K_a$  ในตาราง 10.2 จากหนังสือเรียน เคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 21 และศึกษาความรู้จากการอธิบายของครูว่า กรดแต่ละชนิดมีค่า  $K_a$  ไม่เท่ากัน จึงแตกตัวได้ไม่เท่ากัน หรืออาจกล่าวได้ว่ากรดมีความแรงไม่เท่ากัน โดยกรดที่มีค่า  $K_a$  มากกว่าจะแตกตัวได้มากกว่าและเป็นกรดที่แรงกว่า
18. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาการคำนวณความเข้มข้นของไฮออนแต่ละชนิดในสารละลายกรดอ่อน จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 22
19. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับการแตกตัวของเบสอ่อน จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 24 และร่วมกันอภิปรายกับครูเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าคงที่การแตกตัวของเบส ( $K_b$ ) ของ  $NH_3$  กับความเข้มข้นของสารในสารละลาย
20. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาค่า  $K_b$  ในตาราง 10.3 จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 24 แล้วเรียงลำดับความแรงของเบส โดยครูคอยชี้แนะให้นักเรียนได้ข้อสรุปร่วมกันว่าเบสที่แรงกว่าจะมีค่า  $K_b$  มากกว่า
21. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้ผ่านการอธิบายของครูว่าค่า  $K_b$  หรือร้อยละการแตกตัวสามารถใช้คำนวณความเข้มข้นของ  $OH^-$  ในสารละลายเบสอ่อนได้ และร่วมกันคำนวณความเข้มข้นของไฮออนแต่ละชนิดในสารละลายเบสอ่อนร่วมกับครู
22. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับการแตกตัวของน้ำ และค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า

23. นักเรียนร่วมกันศึกษาความสัมพันธ์ของ  $K_a$ ,  $K_b$  และ  $K_w$  และวิธีการคำนวณ  $K_a$  จาก  $K_b$  ของคู่เบส หรือ  $K_b$  จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 28
24. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาข้อมูลในตาราง 10.4 จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 28 แล้วอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่ม โดยมีครูคอยชี้แนะเพื่อให้ นักเรียนได้ข้อสรุปร่วมกันว่ากรดที่มีค่า  $K_a$  สูงกว่า จะมีค่า  $K_b$  ของคู่เบสต่ำกว่า โดยยกตัวอย่างเปรียบเทียบระหว่าง  $\text{HCOOH}$  และ  $\text{CH}_3\text{COOH}$

#### ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ (Application)

1. นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้และข้อมูลที่ได้ศึกษาผ่านการทำกิจกรรมกลุ่มออกแบบการทดลองการระบุความแรงของกรด-เบสของสารในชีวิตประจำวันผ่านใบกิจกรรม โดยครูไม่จำกัดความคิดในการใช้เครื่องมือ อุปกรณ์ในการทดลอง ลงในใบกิจกรรม ซึ่งครูคอยชี้แนะและให้คำแนะนำในการออกแบบการทดลอง
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทดลองตามที่ได้ออกแบบและวางแผนไว้ โดยครูคอยสนับสนุน และให้คำชี้แนะการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ระหว่างการทดลอง โดยนักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในใบกิจกรรมที่ 1
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายผลการทดลองที่เกิดขึ้น พร้อมกับเชื่อมโยงผลการทดลองกับความรู้เรื่องความแรงของกรด-เบส ในใบกิจกรรม โดยนักเรียนต้องคำนวณและเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรด-เบสในชีวิตประจำวันที่นักเรียนเลือกมาเพื่อพิสูจน์ให้นายเอจากในสถานการณ์เข้าใจ และเห็นภาพชัดเจนถึงความแรงของกรด-เบสหรือความสามารถในการแตกตัวของกรด-เบสที่ต่างกัน โดยมีครูคอยสนับสนุน และให้คำปรึกษาจุดที่นักเรียนสงสัย
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลผลการทดลองและอภิปรายจัดทำเป็นรายงานการทดลองตามหลักทางวิชาการ โดยครูให้ชี้แนะแนวทางการเขียนเล่มรายงานการทดลองที่ถูกต้อง

### ขั้นที่ 5 นำเสนอ (Presentation)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกมานำเสนอรายงานการทดลองและอธิบายผลการทดลอง ซึ่งมีเนื้อหาในการนำเสนอ ได้แก่ ข้อมูลการทดลอง ผลการทดลองและผลการอภิปรายที่อ้างอิงจากการคำนวณความสามารถในการแตกตัวของกรด-เบสที่นักเรียนนำมาทดลอง โดยเปิดโอกาสให้เพื่อนกลุ่มอื่นร่วมกันวิเคราะห์ความถูกต้อง และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน ซึ่งเป็นการฝึกให้กลุ่มนำเสนอได้อธิบายความคิดของตนเองออกมาให้ผู้อื่นเข้าใจ และเห็นภาพอย่างเป็นรูปธรรม

### ขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง (Link)

1. นักเรียนและครูร่วมกันประเมินการออกแบบการทดลอง และสื่อรายงานการทดลอง โดยครูให้ข้อเสนอแนะและข้อควรปรับปรุงเพิ่มเติมแก่นักเรียน
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มกลับไปปรับปรุงผลงานสื่อรายงานการทดลองของกลุ่มตนเอง
3. นักเรียนสะท้อนความรู้ที่นักเรียนได้รับ และซักถามเพิ่มเติม

## 9. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้

### 9.1 สื่อการเรียนรู้

- 9.1.1 หนังสือเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม ม.5 เล่ม 4 สำนักพิมพ์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
- 9.1.2 สื่อนำเสนอ (PowerPoint) ชุดที่ 1 เรื่องการแตกตัวของกรด เบส และน้ำ
- 9.1.3 ใบกิจกรรม ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

### 9.2 อุปกรณ์การเรียนรู้

- 9.2.1 เครื่องฉาย คอมพิวเตอร์ 1 ชุด
- 9.2.2 คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

### 9.3 แหล่งการเรียนรู้

- 9.3.1 <https://pw.ac.th/sci/acid-base/content/ch5.html>
- 9.3.2 <https://il.mahidol.ac.th/e-media/acid-base/C5.HTM>

## 10. การวัดและการประเมินผล

| เป้าหมายการเรียนรู้                                                                                                | หลักฐานผลการเรียนรู้ | วิธีการวัด            | เครื่องมือวัด            | เกณฑ์การประเมิน                                      |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
| <b>ความรู้ (K)</b>                                                                                                 |                      |                       |                          |                                                      |
| ผู้เรียนสามารถเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบสได้                                           | ใบกิจกรรม            | การตรวจใบกิจกรรม      | แบบประเมินใบกิจกรรม      | นักเรียนมีระดับการประเมินใบกิจกรรมระดับดีขึ้นไป      |
| <b>ทักษะกระบวนการ (P)</b>                                                                                          |                      |                       |                          |                                                      |
| ผู้เรียนสามารถคำนวณความสามารถในการแตกตัวหรือความแรงของกรดและเบสได้                                                 | รายงานการทดลอง       | การตรวจรายงานการทดลอง | แบบประเมินรายงานการทดลอง | นักเรียนมีระดับการประเมินรายงานการทดลองระดับดีขึ้นไป |
| ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดสอบความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้                                                    | ใบกิจกรรม            | การตรวจใบกิจกรรม      | แบบประเมินใบกิจกรรม      | นักเรียนมีระดับการประเมินใบกิจกรรมระดับดีขึ้นไป      |
| ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับการเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลอง และความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม | ใบกิจกรรม            | การตรวจใบกิจกรรม      | แบบประเมินใบกิจกรรม      | นักเรียนมีระดับการประเมินใบกิจกรรมระดับดีขึ้นไป      |

|                                                                                                                        |                                                                 |                                                          |                                  |                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| ผู้เรียนสามารถทดสอบความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน และนำเสนอผลการทดลองที่เปรียบเทียบกับผลการคำนวณความแรงของกรด-เบสได้ |                                                                 |                                                          |                                  |                                                             |
| <b>เจตคติหรือคุณลักษณะ (A)</b>                                                                                         |                                                                 |                                                          |                                  |                                                             |
| ผู้เรียนมุ่งมั่นในการทำงานและตระหนักในหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเอง                                                     | ใฝ่กิจกรรม และสื่อรายงานการทดลอง                                | การตรวจใบกิจกรรม และสื่อรายงานการทดลอง                   | ใฝ่กิจกรรม และสื่อรายงานการทดลอง | นักเรียนส่งใบกิจกรรม และสื่อรายงานการทดลอง                  |
| <b>สมรรถนะสำคัญ</b>                                                                                                    |                                                                 |                                                          |                                  |                                                             |
| ความสามารถในการสื่อสาร                                                                                                 | การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน เช่น การแสดงความคิดเห็น และการตอบคำถาม | การประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างทำกิจกรรมในชั้นเรียน | แบบประเมินสมรรถนะ                | นักเรียนมีสมรรถนะระดับดีขึ้น                                |
| <b>คุณลักษณะอันพึงประสงค์</b>                                                                                          |                                                                 |                                                          |                                  |                                                             |
| การมุ่งมั่นในการทำงาน                                                                                                  | การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และการตอบคำถามของผู้เรียน              | การประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างเรียน                | แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ | นักเรียนมีระดับการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ระดับดีขึ้น |

ใบกิจกรรม

เรื่อง ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน

กลุ่มที่..... สมาชิกกลุ่มประกอบด้วย

.....

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง : ให้นักเรียนทำกิจกรรมและตอบคำถามให้ถูกต้อง

**สถานการณ์**

นายเอเป็นนักเรียนโรงเรียนประจำอำเภอแห่งหนึ่งในจังหวัดแพร่ เขาได้รับมอบหมายหน้าที่ภายในบ้านจากผู้ปกครองให้ทำงานบ้าน ได้แก่ การทำความสะอาดบ้าน และล้างห้องน้ำ ในระหว่างทำความสะอาดบ้านเขาได้เผลอทำน้ำส้มสายชูหล่น และหกใส่มือ ซึ่งไม่เกิดอาการผิดปกติใด ๆ กับผิวหนังหรือร่างกาย และในระหว่างที่นายเอกำลังล้างห้องน้ำเขาไม่ได้ใส่ถุงมือ เมื่อผิวหนังถูกน้ำยาล้างห้องน้ำไปได้ชั่วระยะจึงเกิดอาการแสบร้อน เขาจึงหาข้อมูลในอินเทอร์เน็ตและพบว่าน้ำส้มสายชูและน้ำยาล้างห้องน้ำมีฤทธิ์เป็นกรดทั้งคู่ ทำให้เขาเกิดความสงสัยว่าเหตุใดน้ำส้มสายชูที่มีความเป็นกรดเหมือนกับน้ำยาล้างห้องน้ำจึงมีฤทธิ์ไม่เหมือนกัน และมีความอันตรายแตกต่างกัน

1. ปัญหาในสถานการณ์ดังกล่าวคืออะไร

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวมากจากอะไรบ้าง จงระบุมาให้มากที่สุด (การคิดอย่างสร้างสรรค์)

.....

.....

.....

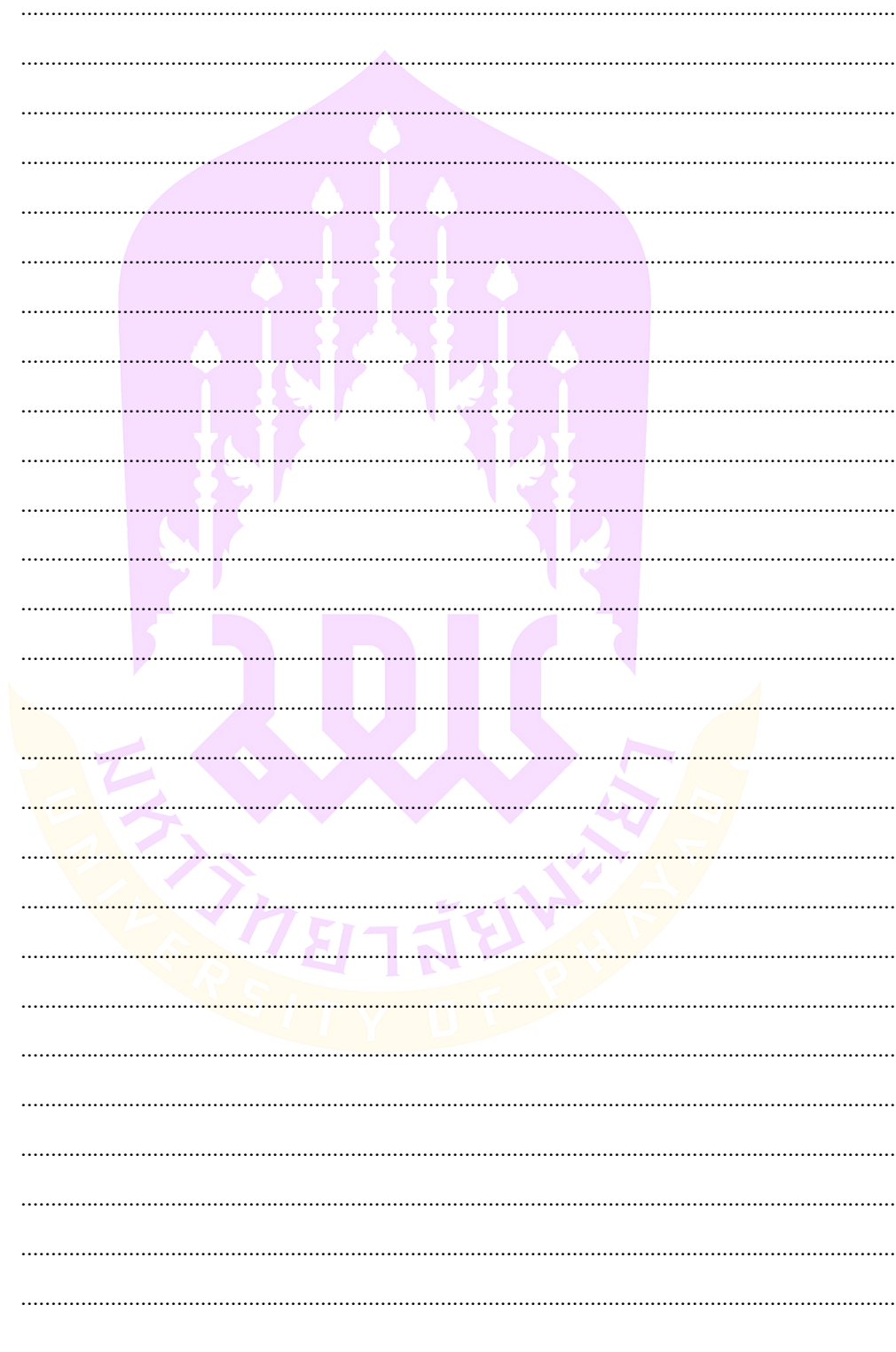
.....

.....

3. ให้นักเรียนระบุประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาให้มากที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน (การคิดอย่างสร้างสรรค์)

4. หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ที่ได้รับเกียรติให้มาเป็นวิทยากรให้ความรู้เกี่ยวกับความแรงของกรด-เบสแก่โรงเรียนที่นายเอเรียนอยู่ โดยนักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรเพื่อพิสูจน์หรือออกแบบการทดลองเพื่อใช้เป็นหลักฐานอ้างอิงเพื่อแสดงให้นายเอเข้าใจว่าสารในชีวิตประจำวันมีความเป็นกรด-เบส ซึ่งมีความรุนแรงที่แตกต่างกัน และให้นายเอเกิดการตระหนักและระวังอันตรายจากการใช้สารเคมีต่าง ๆ มากขึ้น (การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์)

5. ให้นักเรียนเขียนผลการทดลองที่เกิดขึ้น พร้อมกับคำนวณเปรียบเทียบความสามารถในการแตกตัวของกรด-เบสในชีวิตประจำวันที่นักเรียนเลือกมา (ความคิดละเอียดลออ)



## เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินใบกิจกรรม

| พฤติกรรมการทำงาน                         | ระดับคุณภาพ                                                                                                               |                                                                                                                        |                                                                                                                            |                                                                                                                |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | ระดับ 1                                                                                                                   | ระดับ 2                                                                                                                | ระดับ 3                                                                                                                    | ระดับ 4                                                                                                        |
| 1. การคิดอย่างสร้างสรรค์                 | ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องน้อยกว่า 2 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                                         | ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง 2 – 3 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                                          | ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้อง 4 – 5 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                                              | ระบุสาเหตุของปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ถูกต้องมากกว่า 5 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                               |
|                                          | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสได้น้อยกว่า 2 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที           | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสได้มากกว่า 3 – 2 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที     | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสได้มากกว่า 4 – 5 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที         | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองพิสูจน์ความแรงของกรด-เบสได้มากกว่า 5 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที |
| 2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ | ระบุวิธีการเพื่อพิสูจน์หรือทดลองความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน ได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่นมากกว่า 3 ขั้นตอน | ระบุวิธีการเพื่อพิสูจน์หรือทดลองความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน ได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่น 2 – 3 ขั้นตอน | ระบุวิธีการเพื่อพิสูจน์หรือทดลองความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน ได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่นน้อยกว่า 2 ขั้นตอน | ระบุวิธีการเพื่อพิสูจน์หรือทดลองความแรงของกรด-เบสในชีวิตประจำวัน ได้ถูกต้อง และใช้วิธีการไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น    |
| 3. การสร้างนวัตกรรม                      | เขียนอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบเพื่อพิสูจน์หรือทดลองความแรงของกรด-เบส ได้ถูกต้อง แต่ไม่เป็นลำดับขั้นตอน และ         | เขียนอธิบายรายละเอียด ขั้นตอนการออกแบบเพื่อพิสูจน์หรือทดลองความแรงของกรด-เบส ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ แต่ไม่ครบทุกขั้นตอน  | เขียนอธิบายรายละเอียด ขั้นตอนการออกแบบเพื่อพิสูจน์หรือทดลองความแรงของกรด-เบส ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ ครบทุกขั้นตอน แต่ใช้ภาษา | เขียนอธิบายรายละเอียดขั้นตอนการออกแบบเพื่อพิสูจน์หรือทดลองความแรงของกรด-เบส ได้ถูกต้อง เป็นลำดับ               |

|  | ไม่ครบทุกขั้นตอน                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ในการอธิบายไม่<br>เหมาะสมทำให้ยัง<br>เห็นภาพไม่ชัดเจน                                                                                                                                                                                                                                | ครบทุกขั้นตอน<br>และเห็นภาพได้<br>อย่างชัดเจน                                                                                                                                                                                                                                                 |
|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | เขียนผลการทดลอง<br>อภิปราย สรุปผล<br>การทดลองพร้อม<br>กับคำนวณ<br>เปรียบเทียบ<br>ความสามารถใน<br>การแตกตัวของ<br>กรด-เบสใน<br>ชีวิตประจำวัน<br>ที่นักเรียนเลือกมาแต่<br>เขียนอธิบาย<br>รายละเอียดได้ไม่<br>ครบถ้วน ไม่เป็น<br>ลำดับขั้นตอน และ<br>ไม่มีเหตุผลและมี<br>ทฤษฎีการแตกตัว<br>กรด - เบสอ้างอิง | เขียนผลการทดลอง<br>อภิปราย สรุปผล<br>การทดลองพร้อมกับ<br>คำนวณเปรียบเทียบ<br>ความสามารถในการ<br>แตกตัวของกรด-<br>เบสในชีวิตประจำวัน<br>ที่นักเรียนเลือกมา<br>โดยเขียนอธิบาย<br>รายละเอียดได้<br>ครบถ้วน เป็นลำดับ<br>ขั้นตอน แต่ไม่มี<br>เหตุผลและทฤษฎี<br>การแตกตัวกรด -<br>เบสอ้างอิง | เขียนผลการทดลอง<br>อภิปราย สรุปผล<br>การทดลองพร้อมกับ<br>คำนวณเปรียบเทียบ<br>ความสามารถในการ<br>แตกตัวของกรด-<br>เบสในชีวิตประจำวัน<br>ที่นักเรียนเลือกมา<br>โดยเขียนอธิบาย<br>รายละเอียดได้<br>ครบถ้วน เป็นลำดับ<br>ขั้นตอน มีเหตุผล แต่<br>ไม่มีทฤษฎีการแตก<br>ตัวกรด - เบสอ้างอิง | เขียนผลการ<br>ทดลองอภิปราย<br>สรุปผลการทดลอง<br>พร้อมกับการคำนวณ<br>เปรียบเทียบ<br>ความสามารถใน<br>การแตกตัวของ<br>กรด-เบสใน<br>ชีวิตประจำวัน<br>ที่นักเรียนเลือกมา<br>โดยเขียนอธิบาย<br>รายละเอียดได้<br>ครบถ้วน เป็น<br>ลำดับขั้นตอน มี<br>เหตุผลและมีทฤษฎี<br>การแตกตัวกรด -<br>เบสอ้างอิง |

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินใบกิจกรรม

|           |         |                                                                          |
|-----------|---------|--------------------------------------------------------------------------|
| ช่วงคะแนน | 1 – 5   | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 1 คือ ปรับปรุง |
| ช่วงคะแนน | 6 – 10  | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 2 คือ พอใช้    |
| ช่วงคะแนน | 11 – 15 | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 3 คือ ดี       |
| ช่วงคะแนน | 16 – 20 | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 4 คือ ดีเยี่ยม |

เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินรายงานการทดลอง

| พฤติกรรมการทำงาน                                | ระดับพฤติกรรม                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                 | ระดับ 1                                                                                                                                                                                         | ระดับ 2                                                                                                                                                                                     | ระดับ 3                                                                                                                                                                                     | ระดับ 4                                                                                                                                                                                      |
| 1. เนื้อหา                                      | มีเนื้อหาของรายงานการทดลองน้อยกว่า 4 หัวข้อ เช่น ชื่อการทดลอง ผู้ทำการทดลอง วัตถุประสงค์การทดลอง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์การทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง | มีเนื้อหาของรายงานการทดลอง 4 – 5 หัวข้อ เช่น ชื่อการทดลอง ผู้ทำการทดลอง วัตถุประสงค์การทดลอง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์การทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง | มีเนื้อหาของรายงานการทดลอง 6 – 7 หัวข้อ เช่น ชื่อการทดลอง ผู้ทำการทดลอง วัตถุประสงค์การทดลอง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์การทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง | มีเนื้อหาของรายงานการทดลองครบ 8 หัวข้อ ได้แก่ ชื่อการทดลอง ผู้ทำการทดลอง วัตถุประสงค์การทดลอง ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อุปกรณ์การทดลอง วิธีการทดลอง ผลการทดลอง อภิปรายผลการทดลอง และสรุปผลการทดลอง |
| 2. วัตถุประสงค์                                 | มีการตั้งวัตถุประสงค์ชัดเจน แต่ไม่สัมพันธ์กับสถานการณ์ที่กำหนด และยังเป็นวัตถุประสงค์ที่ไม่สามารถวัดและตรวจสอบได้                                                                               | มีการตั้งวัตถุประสงค์ชัดเจน แต่ไม่สัมพันธ์กับสถานการณ์ที่กำหนด แต่ยังเป็นวัตถุประสงค์ที่สามารถวัดและตรวจสอบได้                                                                              | มีการตั้งวัตถุประสงค์ชัดเจน สัมพันธ์กับสถานการณ์ที่กำหนด แต่เป็นวัตถุประสงค์ที่ไม่สามารถวัดและตรวจสอบได้                                                                                    | มีการตั้งวัตถุประสงค์ชัดเจน สัมพันธ์กับสถานการณ์ที่กำหนด และเป็นวัตถุประสงค์ที่สามารถวัดและตรวจสอบได้                                                                                        |
| 3. ความสมบูรณ์ของการเขียนวิธีการทดลองและอุปกรณ์ | เนื้อหาไม่ครบถ้วนทั้งหมด ไม่สมบูรณ์ และไม่เป็นขั้นตอน                                                                                                                                           | เนื้อหาไม่ละเอียด ครบถ้วน แต่ไม่สมบูรณ์ อธิบายขยายความไม่ชัดเจน และไม่เป็นขั้นตอน                                                                                                           | เนื้อหาไม่ละเอียด ครบถ้วน สมบูรณ์ อธิบายขยายความชัดเจน แต่ไม่เป็นขั้นตอน                                                                                                                    | เนื้อหาไม่ละเอียด ครบถ้วน สมบูรณ์ อธิบายขยายความชัดเจน เป็นขั้นตอน สามารถทำตามได้                                                                                                            |
| 4. รูปแบบการเขียนผลการทดลอง                     | เขียนผลการทดลองโดยการอธิบายเท่านั้น                                                                                                                                                             | ใช้รูปแบบในการเขียนผลการทดลองที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูล                                                                                                                                         | ใช้รูปแบบในการเขียนผลการทดลองที่เหมาะสมกับข้อมูล เช่น ตาราง กราฟ                                                                                                                            | ใช้รูปแบบในการเขียนผลการทดลองที่เหมาะสมกับข้อมูล และมีความ                                                                                                                                   |

|                                 |                                                                                            |                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                               |
|---------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                 |                                                                                            |                                                                                                                                                         | แผนภูมิ                                                                                                                                                                          | หลากหลาย 2 แบบ<br>ขึ้นไป เช่น ตาราง<br>กราฟ แผนภูมิ                                                                                                                           |
| 5. การอภิปราย<br>ผลการ<br>ทดลอง | มีการชี้ให้เห็น<br>หลักฐานของสิ่งที่<br>กำลังอภิปราย แต่<br>ไม่แนบหลักฐาน<br>อ้างอิงไว้    | มีการชี้ให้เห็น<br>หลักฐานของสิ่งที่<br>กำลังอภิปราย โดย<br>แนบหลักฐานอ้างอิง<br>ไว้อย่างชัดเจน แต่ไม่<br>สามารถอธิบาย<br>เนื้อหาอย่าง<br>สมเหตุสมผลได้ | มีการชี้ให้เห็น<br>หลักฐานของสิ่งที่<br>กำลังอภิปราย โดย<br>แนบหลักฐานอ้างอิง<br>ไว้อย่างชัดเจน<br>อธิบายเนื้อหาอย่าง<br>สมเหตุสมผล เข้าใจ<br>ได้ง่ายแต่ไม่ใช้ภาษา<br>ทางวิชาการ | มีการชี้ให้เห็น<br>หลักฐานของสิ่งที่<br>กำลังอภิปราย โดย<br>แนบหลักฐานอ้างอิง<br>ไว้อย่างชัดเจน<br>อธิบายเนื้อหาอย่าง<br>สมเหตุสมผล ใช้<br>ภาษาทางวิชาการที่<br>เข้าใจได้ง่าย |
| 6. การนำเสนอ                    | นำเสนอรายงาน<br>การทดลองได้ แต่ใช้<br>ภาษาไม่เหมาะสม<br>เข้าใจยาก และมี<br>ข้อมูลครบไม่ครบ | นำเสนอรายงานการ<br>ทดลองได้โดยใช้<br>ภาษาทางวิชาการที่<br>เข้าใจง่าย แต่มีข้อมูล<br>ครบไม่ครบ                                                           | นำเสนอรายงานการ<br>ทดลองได้โดยใช้<br>ภาษาทางวิชาการที่<br>เข้าใจง่าย มีข้อมูล<br>ครบถ้วน แต่ไม่มี<br>ความมั่นใจในการ<br>นำเสนอ                                                   | นำเสนอรายงานการ<br>ทดลองได้โดยใช้<br>ภาษาทางวิชาการที่<br>เข้าใจง่าย มีข้อมูล<br>ครบถ้วน มีความ<br>มั่นใจในการนำเสนอ                                                          |

#### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินรายงานการทดลอง

- ช่วงคะแนน 1 – 6 หมายถึง นักเรียนมีรายงานการทดลองระดับคุณภาพ 1 คือ ปรับปรุง
- ช่วงคะแนน 7 – 12 หมายถึง นักเรียนมีรายงานการทดลองระดับคุณภาพ 2 คือ พอใช้
- ช่วงคะแนน 13 – 18 หมายถึง นักเรียนมีรายงานการทดลองระดับคุณภาพ 3 คือ ดี
- ช่วงคะแนน 19 – 24 หมายถึง นักเรียนมีรายงานการทดลองระดับคุณภาพ 4 คือ ดีเยี่ยม

### แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ใส่ระดับคุณภาพ 1 – 4 ลงในช่องการประเมิน ให้ตรงกับความเป็นจริง

| เลขที่ | ชื่อ - สกุล | ระดับคะแนน             |       | รวม<br>คะแนน | ผลตัดสิน |
|--------|-------------|------------------------|-------|--------------|----------|
|        |             | ความมุ่งมั่นในการทำงาน |       |              |          |
|        |             | ข้อ 1                  | ข้อ 2 |              |          |
| 1      |             |                        |       |              |          |
| 2      |             |                        |       |              |          |
| 3      |             |                        |       |              |          |
| 4      |             |                        |       |              |          |
| 5      |             |                        |       |              |          |
| 6      |             |                        |       |              |          |
| 7      |             |                        |       |              |          |
| 8      |             |                        |       |              |          |
| 9      |             |                        |       |              |          |
| 10     |             |                        |       |              |          |
| 11     |             |                        |       |              |          |
| 12     |             |                        |       |              |          |
| 13     |             |                        |       |              |          |
| 14     |             |                        |       |              |          |
| 15     |             |                        |       |              |          |
| 16     |             |                        |       |              |          |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวอวิศยา สันคม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

### เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

| เกณฑ์การประเมิน                                                 | ระดับ 1                                                                            | ระดับ 2                                                                                      | ระดับ 3                                                                                 | ระดับ 4                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>มุ่งมั่นในการทำงาน</b>                                       |                                                                                    |                                                                                              |                                                                                         |                                                                               |
| 1. ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่งาน                  | รับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย แต่ภาระงานไม่เสร็จ และเลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายแต่ภาระงานไม่สมบูรณ์ และเลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่และภาระที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จแต่เลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด |
| 2. ทำงานด้วยความเพียรพยายาม และอดทนเพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย | มีการปรับปรุงแก้ไขแต่ไม่พัฒนาการทำงาน แต่งานไม่เสร็จ สมบูรณ์และเลยเวลาที่กำหนด     | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน แต่งานไม่เสร็จ สมบูรณ์และเลยเวลาที่กำหนด                  | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน ให้ดีขึ้นแต่เลยเวลาที่กำหนด                          | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน ให้ดีขึ้นภายในเวลาที่กำหนด                 |

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

|       |       |         |                                                       |
|-------|-------|---------|-------------------------------------------------------|
| คะแนน | 7 – 8 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม |
| คะแนน | 5 – 6 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดี       |
| คะแนน | 3 – 4 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดีพอใช้  |
| คะแนน | 1 – 2 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง |

### แบบประเมินสมรรถนะ

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ใส่ระดับคุณภาพ 1 - 4 ลงในช่องการประเมิน ให้ตรงกับความเป็นจริง

| เลขที่ | ชื่อ - สกุล | ระดับคะแนน             |       |       |       | รวม<br>คะแนน | ผลตัดสิน |
|--------|-------------|------------------------|-------|-------|-------|--------------|----------|
|        |             | ความสามารถในการสื่อสาร |       |       |       |              |          |
|        |             | ข้อ 1                  | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 |              |          |
| 1      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 2      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 3      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 4      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 5      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 6      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 7      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 8      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 9      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 10     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 11     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 12     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 13     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 14     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 15     |             |                        |       |       |       |              |          |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวอวิศยา สันคม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินสมรรถนะ

| พฤติกรรมการทำงาน                                                                        | ระดับพฤติกรรม                                                                                          |                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                         | ระดับ 1                                                                                                | ระดับ 2                                                                                                  | ระดับ 3                                                                                                                           | ระดับ 4                                                                                                           |
| <b>ความสามารถในการสื่อสาร</b>                                                           |                                                                                                        |                                                                                                          |                                                                                                                                   |                                                                                                                   |
| 1. พุดถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง ฟังหรือดูตามที่กำหนดได้                 | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ จากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู แต่มีจุดติดขัด และมีจุดผิดพลาด 4 จุดขึ้นไป | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู แต่มีจุดติดขัด หรือมีจุดผิดพลาด 3 จุด         | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูได้ อย่างคล่องแคล่ว ชัดเจน แต่มีจุดผิดพลาด 1 -2 จุด                     | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูได้อย่างคล่องแคล่ว ชัดเจน มั่นใจ ไม่มีจุดผิดพลาด        |
| 2. พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูตามที่กำหนดได้ | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล ผิดประเด็น  | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล               | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ อย่างสมเหตุสมผล                                         | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ อย่างสมเหตุสมผล คล่องแคล่ว ชัดเจนมั่นใจ |
| 3. เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู จากที่กำหนดได้                 | เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่ได้ใจความ มีข้อผิดพลาด 4 จุดขึ้นไป      | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ได้และได้ใจความเป็นบางส่วน มีข้อผิดพลาด 3 จุด | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ และได้ใจความเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ มีข้อผิดพลาด 1 - 2 จุด | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้และได้ใจความครบคลุม ครบถ้วนและถูกต้อง                |
| 4. เลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึง                                   | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า มีการใช้                                                | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า แต่มีการใช้                                               | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า แต่เกิดผล                                                                          | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความเหมาะสมและ                                                                 |

|                                      |                                                                               |                                                      |                           |                                                          |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|
| ผลกระทบที่มี<br>ต่อตนเองและ<br>สังคม | คำพูดชั่วร้าย ไม่ให้<br>เกียรติผู้อื่น และ<br>เกิดผลกระทบต่อ<br>ตนเองและสังคม | คำพูดชั่วร้าย และ<br>เกิดผลกระทบต่อ<br>ตนเองและสังคม | กระทบต่อตนเอง<br>และสังคม | คุ้มค่า<br>โดยไม่เกิด<br>ผลกระทบ<br>ต่อตนเองและ<br>สังคม |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินสมรรถนะ

- คะแนน 13 – 16 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม
- คะแนน 9 – 12 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ดี
- คะแนน 5 – 8 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ พอใช้
- คะแนน 1 – 4 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ปรับปรุง



### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14

ว30224 วิชาเคมีเพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 กรด-เบส 1

จำนวน 15 ชั่วโมง

เรื่อง pH ของสารละลายกรด-เบส

เวลา 5 ชั่วโมง

#### 1. สาระเคมี

##### ข้อที่ 2

เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

##### ผลการเรียนรู้ที่ 4

คำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบส

#### 2. สาระสำคัญ

น้ำบริสุทธิ์ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสแตกตัวให้ไฮโดรเนียมไอออนและไฮดรอกไซด์ไอออนที่มีความเข้มข้นเท่ากัน คือ  $1.0 \times 10^{-7}$  โมลต่อลิตรโดยมีค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ เท่ากับ  $1.0 \times 10^{-14}$  เมื่อกรดหรือเบสแตกตัวในน้ำ ค่าความเป็นกรด-เบสของสารละลายแสดงได้ด้วยค่า pH ซึ่งสัมพันธ์กับความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออน โดยสารละลายกรดมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนมากกว่า  $1.0 \times 10^{-7}$  โมลต่อลิตรหรือมีค่า pH น้อยกว่า 7 ส่วนสารละลายเบสมีความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนน้อยกว่า  $1.0 \times 10^{-7}$  โมลต่อลิตร หรือมีค่า pH มากกว่า 7

#### 3. สาระการเรียนรู้

3.1 การคำนวณเกี่ยวกับ pH และ pOH ของสารละลาย

3.2 การวัด pH ในสารละลายกรดและเบส

#### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 ผู้เรียนสามารถบอกความเป็นกรด-เบสของสารละลายจากช่วง pH ของอินดิเคเตอร์ได้ (K)

2.2 ผู้เรียนสามารถคำนวณค่า pH ความเข้มข้นของไฮโดรเนียมไอออนหรือไฮดรอกไซด์ไอออนของสารละลายกรดและเบสได้ (P)

2.3 ผู้เรียนสามารถออกแบบการทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดในกระเพาะ และการจำลองสภาวะกรดในกระเพาะอาหารของมนุษย์ได้ (P)

- 2.4 ผู้เรียนสามารถสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะของกระเพาะอาหาร และการเลือกใช้  
การเลือกใช้อุปกรณ์ในการทดลองได้อย่างเหมาะสม (P)
- 2.5 ผู้เรียนสามารถสร้างสื่อโฆษณาาลดกรด และอธิบายผลการทดสอบ  
ประสิทธิภาพของยาลดกรดได้ (P)
- 2.6 ผู้เรียนมีวินัยในการทำงานและตระหนักในหน้าที่ความรับผิดชอบของตนเอง (A)

### 3. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ความสามารถในการสื่อสาร

### 4. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

มุ่งมั่นในการทำงาน

### 5. ชิ้นงาน/ภาระงาน

7.1 ใบกิจกรรม สภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์

7.2 สื่อโฆษณา

### 6. กิจกรรมการเรียนรู้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
(STEAM Education) 6 ขั้นตอน ดังนี้

#### ขั้นที่ 1 ระบุสถานการณ์ (Focus)

1. นักเรียนแบ่งกลุ่ม 4 คน ร่วมกันแบบทดสอบความสามารถ ประกอบด้วย  
นักเรียนเรียนเก่ง จำนวน 1 คน นักเรียนเรียนปานกลางจำนวน 2 – 3  
คน และนักเรียนเรียนอ่อน จำนวน 1 คน ร่วมกันพิจารณาสถานการณ์  
ที่ครูเสนอในใบกิจกรรม เพื่อกำหนดปัญหาแก่นักเรียน โดยมี  
สถานการณ์ ดังนี้

บริษัทฟามาคลิติคอลเป็นบริษัทผลิตรักษาโรคต่าง ๆ ซึ่งเป็นบริษัทที่มีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับเป็นอย่างมาก ปัจจุบันบริษัทมีโครงการผลิตยาลดกรดเพื่อรักษาโรคกรดในกระเพาะอาหาร ซึ่งบริษัทได้ผลิตยาตัวอย่างออกมา 3 ชนิดได้แก่ชนิด A B และ C โดยการที่จะนำไปจำหน่ายได้จะต้องมีข้อมูลประสิทธิภาพในการลดกรดของยาแต่ละชนิด เพื่อให้มีความน่าเชื่อถือ หากนักเรียนเป็นทีมนักวิจัยทางการแพทย์ของบริษัทฟามาคลิติคอลและได้รับมอบหมายหน้าที่หาประสิทธิภาพของยาลดกรด ซึ่งต้องมีการจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดในกระเพาะ นักเรียนจะมีวิธีการเตรียมการทดลองอย่างไร

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์และอภิปรายปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ โดยเขียนปัญหาลงในใบกิจกรรม
3. นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับปัญหาในสถานการณ์ โดยได้ข้อสรุปร่วมกันว่าเป็นปัญหาการจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์

### ขั้นที่ 2 วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันตั้งคำถามเกี่ยวกับการจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์มาให้มากที่สุดภายใน 5 นาที ในใบกิจกรรม
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวิเคราะห์ประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลเพื่อใช้ในการตอบคำถามที่นักเรียนตั้งและเพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ในใบกิจกรรม โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนสืบค้นเพิ่มเติมผ่านแหล่งเรียนรู้ทางอินเทอร์เน็ตได้
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาและหาข้อมูลประเด็นที่นักเรียนตั้งไว้ในใบกิจกรรม

### ขั้นที่ 3 ศึกษาค้นคว้า (Discovery)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาการแปลงค่าความเข้มข้นของ  $\text{H}_3\text{O}^+$  ในรูปของ pH เพื่อความสะดวกในการรายงานค่าจากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 33

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณค่า pH โดยใช้ค่าความเข้มข้นของ  $\text{H}_3\text{O}^+$  จากการแตกตัวของน้ำ แล้วเชื่อมโยงไปยังการคำนวณค่า pOH ของน้ำจากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 34 โดยครูอธิบายเพิ่มเติมว่าสารละลายที่เป็นกลางมี pH และ pOH เท่ากับ 7.00
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง pH และ pOH ซึ่งผลรวมเท่ากับ 14.00 จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 34
4. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณารูป 10.4 จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 35 และอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับ pH ของสารละลายที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อให้เห็นประโยชน์ของการใช้ค่า pH ในการเปรียบเทียบว่าสารละลายใดเป็นกรดหรือเบสมากกว่ากัน
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับ pH และ pOH ของสารละลาย จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 35 – 36
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับ pH และ pOH ของสารละลาย ผ่านการอธิบายจากครูเพิ่มเติมผ่านสื่อ PowerPoint
7. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาคำถามของครูเกี่ยวกับวิธีการวัด pH เพื่อกระตุ้นความสนใจแก่นักเรียนในการเรียนรู้เรื่องการวัด pH ในสารละลายกรดและเบส

**คำถาม :** นักเรียนเคยใช้วิธีการใดในการวัด pH ของสารละลายบ้าง ?

**แนวคำตอบ :** ใช้กระดาษลิตมัส หรืออินดิเคเตอร์อื่น

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับอินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส สมดุลระหว่างรูปกรดและรูปเบส และช่วง pH การเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 43
9. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสังเกตการเปลี่ยนสีของสารในคลิปวิดีโอซึ่งเป็นอินดิเคเตอร์ที่มีค่า pH ต่าง ๆ เพื่อนำไปสู่การใช้อินดิเคเตอร์ในการ

ประมาณค่า pH ของสารละลายจาก <https://www.tiktok.com/@a.bigcenter/video/7156823792214363393>

10. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันพิจารณาการเปลี่ยนสีของอินดิเคเตอร์ชนิดต่าง ๆ ในรูป 10.7 จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 45 เพื่อนำไปสู่การใช้อินดิเคเตอร์ในการประมาณค่า pH ของสารละลายจากตัวอย่างที่ครูนำมาเสนอผ่านสื่อ PowerPoint โดยมีจุดประสงค์ให้นักเรียนสามารถแปลสีของอินดิเคเตอร์เป็นค่า pH ได้
11. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาความรู้เกี่ยวกับยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์ อินดิเคเตอร์ในธรรมชาติ และพีเอชมิเตอร์โดยใช้รูป 10.8 และ 10.9 จากหนังสือเรียนเคมี ม.5 เล่ม 4 หน้า 47

#### ขั้นที่ 4 ขั้นประยุกต์ (Application)

1. ตัวแทนนักเรียนแต่ละกลุ่มออกจับมาฉลากชนิดการยาลดกรดชนิด A B และ C หน้าชั้นเรียน และร่วมกันประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ศึกษาผ่านการทำใบกิจกรรม โดยร่วมกันออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพยาลดกรดที่กลุ่มของนักเรียนได้ โดยครูให้อิสระแก่นักเรียนในการเลือกใช้เครื่องมือ อุปกรณ์เคมี และร่วมกันคำนวณความเข้มข้นของกรดในกระเพาะอาหารผ่านค่า pH เพื่อหาปริมาณของน้ำกลั่นและกรดไฮโดรคลอริกที่ต้องใช้ในการเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก เพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ ซึ่งครูจะคอยให้คำแนะนำและอธิบายจุดที่นักเรียนเกิดข้อสงสัย
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่คำนวณได้มาใช้ในการเตรียมสารละลายกรดไฮโดรคลอริกและจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ เพื่อทดสอบคุณภาพของยาลดกรดของกลุ่มนักเรียน โดยนักเรียนเริ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ ซึ่งครูจะคอยให้คำแนะนำอำนวยความสะดวกและดูแลความปลอดภัยแก่นักเรียน
3. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันบันทึกผลการทดลองวิเคราะห์และอภิปรายผลการทดสอบคุณภาพของยาลดกรดภายในกลุ่ม เพื่อหาสาเหตุของ

ผลที่เกิดขึ้น และข้อมูลเพิ่มเติมที่ต้องสืบค้นเพื่อใช้ในการอ้างอิงผลการทดลองของกลุ่มตนเองให้มีความน่าเชื่อถือ

4. นักเรียนและครูได้รับบทบาทสมมติเป็นกลุ่มผู้ป่วยโรคกรดในกระเพาะอาหาร ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องร่วมกันออกแบบและสร้างสื่อโฆษณาที่ต้องนำไปเผยแพร่แก่กลุ่มผู้ป่วยซึ่งจะต้องมีเนื้อหาเกี่ยวกับการโฆษณาและผลการทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดของกลุ่มนักเรียนที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งนักเรียนแต่ละกลุ่มต้องออกมาแข่งขันกันเพื่อนำเสนอข้อมูลยาลดกรดของกลุ่มตนเองเพื่อให้ผู้ป่วยสนใจและเลือกซื้อ

#### ขั้นที่ 5 นำเสนอ (Presentation)

1. นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกมานำเสนอสื่อโฆษณายาลดกรดของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนพูดอธิบายความคิดของตนเอง การโฆษณา การตอบคำถามเกี่ยวกับวิธีการทดลอง ผลการทดลอง และประสิทธิภาพของตัวยาที่กลุ่มนักเรียนได้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งคำถามและตอบคำถามกับเพื่อนในชั้นเรียนและครู

#### ขั้นที่ 6 ประเมินและปรับปรุง (Link)

1. นักเรียนและครูร่วมกันประเมินผลงานสื่อโฆษณายาลดกรด โดยครูให้ข้อเสนอแนะและข้อควรปรับปรุงเพิ่มเติม
2. นักเรียนแต่ละกลุ่มกลับไปปรับปรุงผลงานสื่อโฆษณาของกลุ่มตนเองตามคำแนะนำของครู
3. นักเรียนและครูร่วมกันแลกเปลี่ยนความคิดเห็นและเลือกสื่อโฆษณายาลดกรดของกลุ่มที่น่าสนใจ และมีความน่าเชื่อถือให้เป็นผู้ชนะ
4. นักเรียนสะท้อนความรู้ที่นักเรียนได้รับ และซักถามเพิ่มเติม

### 9. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้

#### 9.1 สื่อการเรียนรู้

- 9.1.1 หนังสือเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม ม.5 เล่ม 4 สำนักพิมพ์สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
- 9.1.2 สื่อนำเสนอ (PowerPoint) ชุดที่ 1 เรื่อง pH ของสารละลายกรด-เบส
- 9.1.3 ใบกิจกรรม สภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์

## 9.2 อุปกรณ์การเรียนรู้

9.2.1 เครื่องฉาย คอมพิวเตอร์ 1 ชุด

9.2.2 คอมพิวเตอร์ 1 เครื่อง

## 9.3 แหล่งการเรียนรู้

9.3.1 <https://www.tiktok.com/@a.bigcenter/video/7156823792214363393>

## 10. การวัดและการประเมินผล

| เป้าหมายการเรียนรู้                                                                                                       | หลักฐานผล<br>การเรียนรู้ | วิธีการวัด                      | เครื่องมือวัด                      | เกณฑ์การ<br>ประเมิน                                                    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| <b>ความรู้ (K)</b>                                                                                                        |                          |                                 |                                    |                                                                        |
| ผู้เรียนสามารถบอก<br>ความเป็นกรด-เบส<br>ของสารละลายจาก<br>ช่วง pH ของอินดิเค<br>เตอร์ได้                                  | ใบกิจกรรม                | การตรวจใบ<br>กิจกรรม            | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม            | นักเรียนมีระดับ<br>การประเมินใบ<br>กิจกรรม ระดับดี<br>ขึ้นไป           |
|                                                                                                                           | สื่อโฆษณาแอลค<br>กรด     | การตรวจสื่อ<br>โฆษณาแอลค<br>กรด | แบบประเมิน<br>สื่อโฆษณา<br>แอลคกรด | นักเรียนมีระดับ<br>การประเมินสื่อ<br>โฆษณาแอลค<br>กรดระดับดีขึ้น<br>ไป |
| <b>ทักษะกระบวนการ (P)</b>                                                                                                 |                          |                                 |                                    |                                                                        |
| ผู้เรียนสามารถ<br>คำนวณค่า pH ความ<br>เข้มข้นของไฮโดรเนียม<br>ไอออนหรือไฮดรอก<br>ไซด์ไอออนของ<br>สารละลายกรดและ<br>เบสได้ | ใบกิจกรรม                | การตรวจใบ<br>กิจกรรม            | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม            | นักเรียนมีระดับ<br>การประเมินใบ<br>กิจกรรม ระดับดี<br>ขึ้นไป           |

|                                                                                                                                          |                                                                                |                                                                          |                                   |                                                                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| ผู้เรียนสามารถ<br>ออกแบบการทดสอบ<br>ประสิทธิภาพของยา<br>ลดกรดในกระเพาะ<br>และการจำลองสภาวะ<br>กรดในกระเพาะ<br>อาหารของมนุษย์ได้          | ใบกิจกรรม                                                                      | การตรวจใบ<br>กิจกรรม                                                     | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม           | นักเรียนมีระดับ<br>การประเมินใบ<br>กิจกรรมระดับดี<br>ขึ้นไป      |
| ผู้เรียนสามารถสืบค้น<br>ข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะ<br>ของกระเพาะอาหาร<br>และการเลือกใช้การ<br>เลือกใช้อุปกรณ์ในการ<br>ทดลองได้อย่าง<br>เหมาะสม | ใบกิจกรรม                                                                      | การตรวจใบ<br>กิจกรรม                                                     | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม           | นักเรียนมีระดับ<br>การประเมินใบ<br>กิจกรรมระดับดี<br>ขึ้นไป      |
| ผู้เรียนสามารถสร้าง<br>สื่อโฆษณาาลดกรด<br>และอธิบายผลการ<br>ทดสอบประสิทธิภาพ<br>ของยาลดกรดได้                                            | สื่อโฆษณาลด<br>กรด                                                             | การตรวจสื่อ<br>โฆษณาลด<br>กรด                                            | แบบประเมิน<br>สื่อโฆษณา<br>าลดกรด | นักเรียนมีระดับ<br>การประเมินสื่อ<br>โฆษณาลด<br>กรดระดับดีขึ้นไป |
| <b>เจตคติหรือคุณลักษณะ (A)</b>                                                                                                           |                                                                                |                                                                          |                                   |                                                                  |
| ผู้เรียนมุ่งมั่นในการ<br>ทำงานและตระหนักใน<br>หน้าที่ความรับผิดชอบ<br>ของตนเอง                                                           | ใบกิจกรรม                                                                      | การตรวจใบ<br>กิจกรรม                                                     | แบบประเมิน<br>ใบกิจกรรม           | นักเรียนมีระดับ<br>การประเมินใบ<br>กิจกรรมระดับดี<br>ขึ้นไป      |
| <b>สมรรถนะสำคัญ</b>                                                                                                                      |                                                                                |                                                                          |                                   |                                                                  |
| ความสามารถในการ<br>สื่อสาร                                                                                                               | การมีส่วนร่วมใน<br>ชั้นเรียน เช่น<br>การแสดงความคิด<br>เห็น และการ<br>ตอบคำถาม | การประเมิน<br>พฤติกรรมของ<br>ผู้เรียนระหว่าง<br>ทำกิจกรรมใน<br>ชั้นเรียน | แบบประเมิน<br>สมรรถนะ             | นักเรียนมี<br>สมรรถนะระดับ<br>ดีขึ้นไป                           |

| คุณลักษณะอันพึงประสงค์ |                                                    |                                           |                                  |                                                              |
|------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| การมุ่งมั่นในการทำงาน  | การมีส่วนร่วมในชั้นเรียน และการตอบคำถามของผู้เรียน | การประเมินพฤติกรรมของผู้เรียนระหว่างเรียน | แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ | นักเรียนมีระดับการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์ระดับดีขึ้นไป |



ใบกิจกรรม

เรื่อง สภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์

กลุ่มที่..... สมาชิกกลุ่มประกอบด้วย

.....

.....

.....

**คำชี้แจง :** จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนตอบคำถามให้ถูกต้อง

บริษัทฟามาคลิติคอลเป็นบริษัทผลิตรักษาโรคต่าง ๆ ซึ่งเป็นบริษัทที่มีชื่อเสียงและเป็นที่ยอมรับเป็นอย่างมาก ปัจจุบันบริษัทมีโครงการผลิตยาลดกรดเพื่อรักษาโรคกรดในกระเพาะอาหาร ซึ่งบริษัทได้ผลิตยาตัวอย่างออกมา 3 ชนิดได้แก่ชนิด A B และ C โดยการที่จะนำไปจำหน่ายได้จะต้องมีข้อมูลประสิทธิภาพในการลดกรดของยาแต่ละชนิด เพื่อให้มีความน่าเชื่อถือ หากนักเรียนเป็นทีมนักวิจัยทางการแพทย์ของบริษัทฟามาคลิติคอลและได้รับมอบหมายหน้าที่หาประสิทธิภาพของยาลดกรด ซึ่งต้องมีการจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดในกระเพาะนักเรียนจะมีวิธีการเตรียมการทดลองอย่างไร

1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่ทีมนักวิจัยกำลังเจอคือปัญหาใด
2. ให้นักเรียนตั้งคำถามเกี่ยวกับการจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์มาให้มากที่สุดภายใน 5 นาที (การคิดอย่างสร้างสรรค์)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนระบุประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลเพื่อใช้ในการตอบคำถามที่นักเรียนตั้ง และเพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์มาให้มากที่สุด (การคิดอย่างสร้างสรรค์)

4. ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับสภาวะในกระเพาะอาหารของมนุษย์ว่ามีลักษณะอย่างไร (ระบุเกี่ยวกับปริมาณกรด ค่า pH อุณหภูมิ หรือความเข้มข้นของกรดในกระเพาะอาหาร) (การคิดอย่างสร้างสรรค์)



7. ให้นักเรียนออกแบบสื่อโฆษณาเพื่อนำไปเผยแพร่แก่กลุ่มผู้ป่วยโรคกรดในกระเพาะอาหารซึ่งจะต้องมีเนื้อหาเกี่ยวกับการโฆษณาและผลการทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรด โดยวาดรูปและอธิบายเพิ่มเติมอย่างละเอียด (การสร้างนวัตกรรม)



### เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินใบกิจกรรม

| พฤติกรรมการทำงาน                         | ระดับคุณภาพ                                                                                                         |                                                                                                                  |                                                                                                                      |                                                                                                       |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                          | ระดับ 1                                                                                                             | ระดับ 2                                                                                                          | ระดับ 3                                                                                                              | ระดับ 4                                                                                               |
| 1. การคิดอย่างสร้างสรรค์                 | ระบุสาเหตุของปัญหาที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้ถูกต้องน้อยกว่า 2 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                 | ระบุสาเหตุของปัญหาที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้ถูกต้อง 2 - 3 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                  | ระบุสาเหตุของปัญหาที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้ถูกต้อง 4 - 5 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที                      | ระบุสาเหตุของปัญหาที่กำหนดซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับกรด-เบสได้ถูกต้องมากกว่า 5 ข้อ ภายในเวลาใน 5 นาที    |
|                                          | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองได้น้อยกว่า 3 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                             | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองได้ 3 - 4 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                              | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองได้ 5 - 6 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                  | ระบุประเด็นที่ต้องศึกษาเพื่อใช้ในการออกแบบการทดลองได้มากกว่า 6 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                |
|                                          | ระบุข้อมูลเกี่ยวกับสถานะในกระเพาะอาหารของมนุษย์ได้น้อยกว่า 3 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                | ระบุข้อมูลเกี่ยวกับสถานะในกระเพาะอาหารของมนุษย์ได้ 3 - 4 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                 | ระบุข้อมูลเกี่ยวกับสถานะในกระเพาะอาหารของมนุษย์ได้ 5 - 6 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                                     | ระบุข้อมูลเกี่ยวกับสถานะในกระเพาะอาหารของมนุษย์ได้มากกว่า 6 ข้อ ภายในเวลาใน 10 นาที                   |
| 2. การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ | ระบุวิธีการร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อทดสอบประสิทธิภาพยาลดกรดได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่นมากกว่า 3 ขั้นตอน | ระบุวิธีการร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อทดสอบประสิทธิภาพยาลดกรดได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่น 2 - 3 ขั้นตอน | ระบุวิธีการร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อทดสอบประสิทธิภาพยาลดกรดได้ถูกต้อง แต่ใช้วิธีการซ้ำกับกลุ่มอื่นน้อยกว่า 2 ขั้นตอน | ระบุวิธีการร่วมกับสมาชิกในกลุ่มเพื่อทดสอบประสิทธิภาพยาลดกรดได้ถูกต้อง และใช้วิธีการไม่ซ้ำกับกลุ่มอื่น |
| 3. การสร้างนวัตกรรม                      | ออกแบบการจำลองสถานะกระเพาะอาหารของมนุษย์โดยแสดงวิธีการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของกรดใน                                 | ออกแบบการจำลองสถานะกระเพาะอาหารของมนุษย์โดยแสดงวิธีการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของกรดใน                              | ออกแบบการจำลองสถานะกระเพาะอาหารของมนุษย์โดยแสดงวิธีการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของกรดใน                                  | ออกแบบการจำลองสถานะกระเพาะอาหารของมนุษย์โดยแสดงวิธีการคำนวณหาค่าความเข้มข้นของกรดใน                   |

|  |                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                |
|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>กระเพาะอาหาร และปริมาณกรด ไฮโดรคลอริกและ น้ำกลั่นที่ต้องใช้เพื่อ เตรียมสารละลายได้ แต่ไม่ถูกต้อง</p>                                                                      | <p>กระเพาะอาหาร และปริมาณกรด ไฮโดรคลอริกและน้ำ กลั่นที่ต้องใช้เพื่อ เตรียมสารละลายได้ ถูกต้อง ไม่เป็นลำดับ และไม่ครบทุก ขั้นตอน</p>                        | <p>กระเพาะอาหาร และปริมาณกรด ไฮโดรคลอริกและน้ำ กลั่นที่ต้องใช้เพื่อ เตรียมสารละลายได้ ถูกต้อง เป็นลำดับ แต่ไม่ครบทุกขั้นตอน</p>                                                                                 | <p>กระเพาะอาหาร และปริมาณกรด ไฮโดรคลอริกและน้ำ กลั่นที่ต้องใช้เพื่อ เตรียมสารละลายได้ ถูกต้อง เป็นลำดับ ครบทุกขั้นตอน</p>                                                                                      |
|  | <p>ออกแบบการ ทดสอบ ประสิทธิภาพของยา ลดกรดโดยเขียน รายละเอียด ขั้นตอนการทำงาน ของการออก ทดสอบ ประสิทธิภาพยาลด กรด ได้ถูกต้อง แต่ ไม่เป็นลำดับขั้นตอน และไม่ครบทุก ขั้นตอน</p> | <p>ออกแบบการ ทดสอบ ประสิทธิภาพของยา ลดกรดโดยเขียน รายละเอียด ขั้นตอน การทำงานเพื่อ ทดสอบ ประสิทธิภาพยาลด กรดได้ถูกต้อง เป็น ลำดับ แต่ไม่ครบทุก ขั้นตอน</p> | <p>ออกแบบการ ทดสอบ ประสิทธิภาพของยา ลดกรดโดยเขียน รายละเอียด ขั้นตอน การทำงานเพื่อ ทดสอบ ประสิทธิภาพยาลด กรดได้ถูกต้อง เป็น ลำดับ ครบทุก ขั้นตอน แต่ใช้ภาษา ในการอธิบายไม่ เหมาะสมทำให้ยัง เห็นภาพไม่ชัดเจน</p> | <p>ออกแบบการ ทดสอบ ประสิทธิภาพของยา ลดกรดโดยเขียน รายละเอียด ขั้นตอน การทำงานเพื่อ ทดสอบ ประสิทธิภาพยาลด กรดได้ถูกต้อง เป็น ลำดับ ครบทุก ขั้นตอน และเห็น ภาพได้อย่างชัดเจน</p>                                 |
|  | <p>ออกแบบการสื่อ โฆษณายาลดกรด โดยวาดภาพ และ อธิบายรายละเอียด องค์ประกอบของสื่อ โฆษณายาลดกรด ในกระเพาะอาหาร ได้น้อยกว่า 3 ใน 4 ด้าน</p>                                       | <p>ออกแบบการสื่อ โฆษณายาลดกรด โดยวาดภาพ และ อธิบายรายละเอียด องค์ประกอบของสื่อ โฆษณายาลดกรดใน กระเพาะอาหารได้ 3 ใน 4 ด้าน</p>                              | <p>ออกแบบการสื่อ โฆษณายาลดกรด โดยวาดภาพ และ อธิบายรายละเอียด องค์ประกอบของสื่อ โฆษณายาลดกรดใน กระเพาะอาหารได้ ครบ 4 ด้าน แต่จัด วางองค์ประกอบได้ ไม่ชัดเจน สับสนได้ ง่าย</p>                                    | <p>ออกแบบการสื่อ โฆษณายาลดกรด โดยวาดภาพ และ อธิบายรายละเอียด องค์ประกอบของสื่อ โฆษณายาลดกรดใน กระเพาะอาหารได้ ครบ 4 ด้าน ได้แก่ ข้อมูลการทดลอง ผลการทดลอง ผล การถึงแนวคิดทฤษฎี กรด-เบส และ ข้อความการโฆษณา</p> |

|  |  |  |  |                                                                      |
|--|--|--|--|----------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  | และจัดวาง<br>องค์ประกอบได้<br>ชัดเจน เข้าใจง่าย<br>อภิปรายที่อ้างอิง |
|--|--|--|--|----------------------------------------------------------------------|

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินใบกิจกรรม

|           |         |                                                                          |
|-----------|---------|--------------------------------------------------------------------------|
| ช่วงคะแนน | 1 – 7   | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 1 คือ ปรับปรุง |
| ช่วงคะแนน | 8 – 14  | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 2 คือ พอใช้    |
| ช่วงคะแนน | 15 – 21 | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 3 คือ ดี       |
| ช่วงคะแนน | 22 – 28 | หมายถึง นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมระดับคุณภาพ 4 คือ ดีเยี่ยม |



### แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ใส่ระดับคุณภาพ 1 – 4 ลงในช่องการประเมิน ให้ตรงกับความเป็นจริง

| เลขที่ | ชื่อ - สกุล | ระดับคะแนน             |       | รวม<br>คะแนน | ผลตัดสิน |
|--------|-------------|------------------------|-------|--------------|----------|
|        |             | ความมุ่งมั่นในการทำงาน |       |              |          |
|        |             | ข้อ 1                  | ข้อ 2 |              |          |
| 1      |             |                        |       |              |          |
| 2      |             |                        |       |              |          |
| 3      |             |                        |       |              |          |
| 4      |             |                        |       |              |          |
| 5      |             |                        |       |              |          |
| 6      |             |                        |       |              |          |
| 7      |             |                        |       |              |          |
| 8      |             |                        |       |              |          |
| 9      |             |                        |       |              |          |
| 10     |             |                        |       |              |          |
| 11     |             |                        |       |              |          |
| 12     |             |                        |       |              |          |
| 13     |             |                        |       |              |          |
| 14     |             |                        |       |              |          |
| 15     |             |                        |       |              |          |
| 16     |             |                        |       |              |          |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวอวิศยา สันคม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

### เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

| เกณฑ์การประเมิน                                                 | ระดับ 1                                                                            | ระดับ 2                                                                                      | ระดับ 3                                                                                 | ระดับ 4                                                                       |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>มุ่งมั่นในการทำงาน</b>                                       |                                                                                    |                                                                                              |                                                                                         |                                                                               |
| 1. ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่งาน                  | รับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย แต่ภาระงานไม่เสร็จ และเลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายแต่ภาระงานไม่สมบูรณ์ และเลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่และภาระที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จแต่เลยเวลาที่กำหนด | ตั้งใจและรับผิดชอบในการปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายให้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด |
| 2. ทำงานด้วยความเพียรพยายาม และอดทนเพื่อให้งานสำเร็จตามเป้าหมาย | มีการปรับปรุงแก้ไขแต่ไม่พัฒนาการทำงาน แต่งานไม่เสร็จ สมบูรณ์และเลยเวลาที่กำหนด     | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน แต่งานไม่เสร็จ สมบูรณ์และเลยเวลาที่กำหนด                  | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน ให้ดีขึ้นแต่เลยเวลาที่กำหนด                          | มีการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาการทำงาน ให้ดีขึ้นภายในเวลาที่กำหนด                 |

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์

|       |       |         |                                                       |
|-------|-------|---------|-------------------------------------------------------|
| คะแนน | 7 – 8 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม |
| คะแนน | 5 – 6 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดี       |
| คะแนน | 3 – 4 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ดีพอใช้  |
| คะแนน | 1 – 2 | หมายถึง | นักเรียนมีความมุ่งมั่นในการทำงาน ระดับคุณภาพ ปรับปรุง |

### แบบประเมินสมรรถนะ

คำชี้แจง : ให้ ผู้สอน ใส่ระดับคุณภาพ 1 - 4 ลงในช่องการประเมิน ให้ตรงกับความเป็นจริง

| เลขที่ | ชื่อ - สกุล | ระดับคะแนน             |       |       |       | รวม<br>คะแนน | ผลตัดสิน |
|--------|-------------|------------------------|-------|-------|-------|--------------|----------|
|        |             | ความสามารถในการสื่อสาร |       |       |       |              |          |
|        |             | ข้อ 1                  | ข้อ 2 | ข้อ 3 | ข้อ 4 |              |          |
| 1      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 2      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 3      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 4      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 5      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 6      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 7      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 8      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 9      |             |                        |       |       |       |              |          |
| 10     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 11     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 12     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 13     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 14     |             |                        |       |       |       |              |          |
| 15     |             |                        |       |       |       |              |          |

ชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นางสาวอภิญญา สันคม)

วันที่..... เดือน.....พ.ศ.....

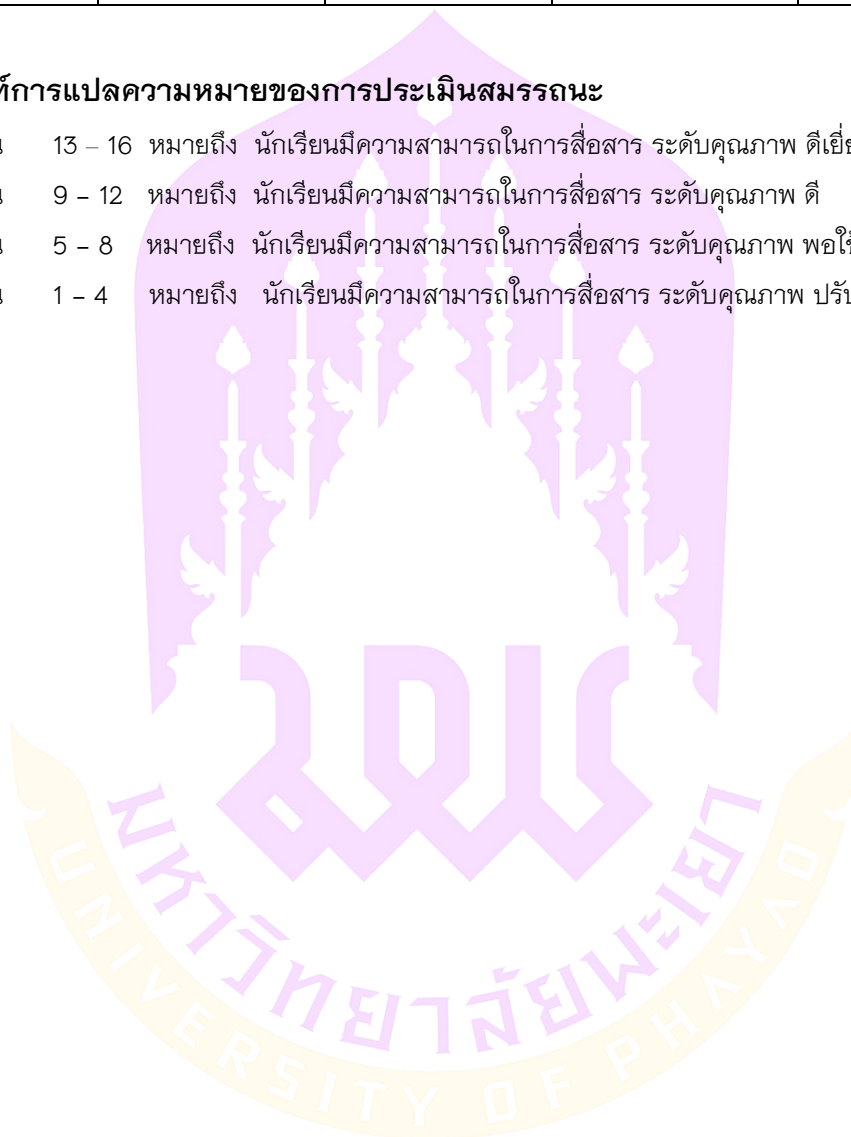
เกณฑ์ระดับคุณภาพการประเมินสมรรถนะ

| พฤติกรรมการทำงาน                                                                        | ระดับพฤติกรรม                                                                                          |                                                                                                          |                                                                                                                                 |                                                                                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                         | ระดับ 1                                                                                                | ระดับ 2                                                                                                  | ระดับ 3                                                                                                                         | ระดับ 4                                                                                                           |
| <b>ความสามารถในการสื่อสาร</b>                                                           |                                                                                                        |                                                                                                          |                                                                                                                                 |                                                                                                                   |
| 1. พุดถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง ฟังหรือดูตามที่กำหนดได้                 | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจ จากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู แต่มีจุดติดขัด และมีจุดผิดพลาด 4 จุดขึ้นไป | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดู แต่มีจุดติดขัด หรือมีจุดผิดพลาด 3 จุด         | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูได้ อย่างคล่องแคล่ว ชัดเจน แต่มีจุดผิดพลาด 1-2 จุด                    | พุด อธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟัง หรือดูได้อย่างคล่องแคล่ว ชัดเจน มั่นใจ ไม่มีจุดผิดพลาด        |
| 2. พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูตามที่กำหนดได้ | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล ผิดประเด็น  | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่สมเหตุสมผล               | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ อย่างสมเหตุสมผล                                       | พุดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ อย่างสมเหตุสมผล คล่องแคล่ว ชัดเจนมั่นใจ |
| 3. เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู จากที่กำหนดได้                 | เขียนถ่ายทอดความรู้ ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ แต่ไม่ได้ใจความ มีข้อผิดพลาด 4 จุดขึ้นไป      | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดู ได้และได้ใจความเป็นบางส่วน มีข้อผิดพลาด 3 จุด | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้ และได้ใจความเป็นส่วนใหญ่แต่ไม่ครบถ้วนสมบูรณ์ มีข้อผิดพลาด 1-2 จุด | เขียนอธิบายถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจจากสารที่อ่าน ฟังหรือดูได้และได้ใจความครบคลุม ครบถ้วนและถูกต้อง                |
| 4. เลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึง                                   | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า มีการใช้                                                | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า แต่มีการใช้                                               | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่า แต่เกิดผล                                                                        | เลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่ทำให้เกิดความเหมาะสมและ                                                                 |

|                                      |                                                                               |                                                      |                           |                                                          |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|
| ผลกระทบที่มี<br>ต่อตนเองและ<br>สังคม | คำพูดชั่วร้าย ไม่ให้<br>เกียรติผู้อื่น และ<br>เกิดผลกระทบต่อ<br>ตนเองและสังคม | คำพูดชั่วร้าย และ<br>เกิดผลกระทบต่อ<br>ตนเองและสังคม | กระทบต่อตนเอง<br>และสังคม | คุ้มค่า<br>โดยไม่เกิด<br>ผลกระทบ<br>ต่อตนเองและ<br>สังคม |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------------------------------------|

### เกณฑ์การแปลความหมายของการประเมินสมรรถนะ

- คะแนน 13 – 16 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ดีเยี่ยม
- คะแนน 9 – 12 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ดี
- คะแนน 5 – 8 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ พอใช้
- คะแนน 1 – 4 หมายถึง นักเรียนมีความสามารถในการสื่อสาร ระดับคุณภาพ ปรับปรุง



5. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย  
ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

**แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม**

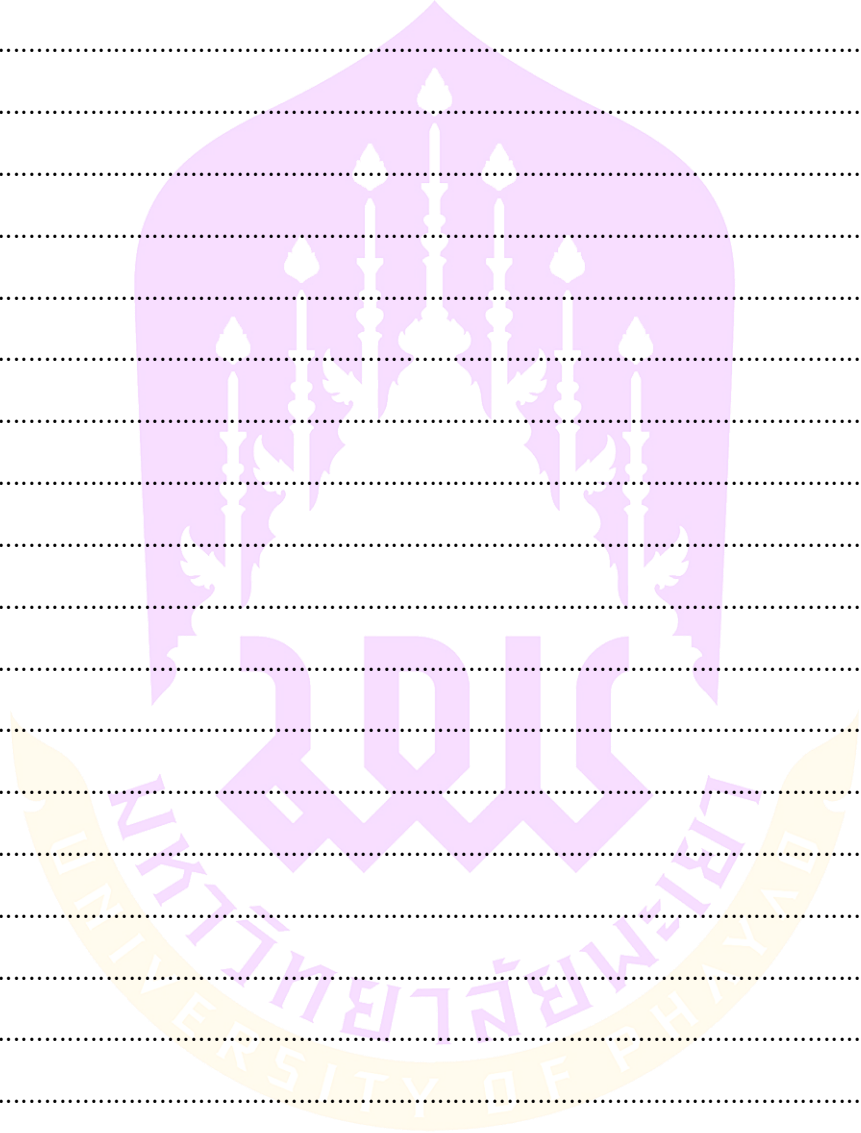
รายวิชา ว33204 เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2565 โรงเรียนเมืองแพร่

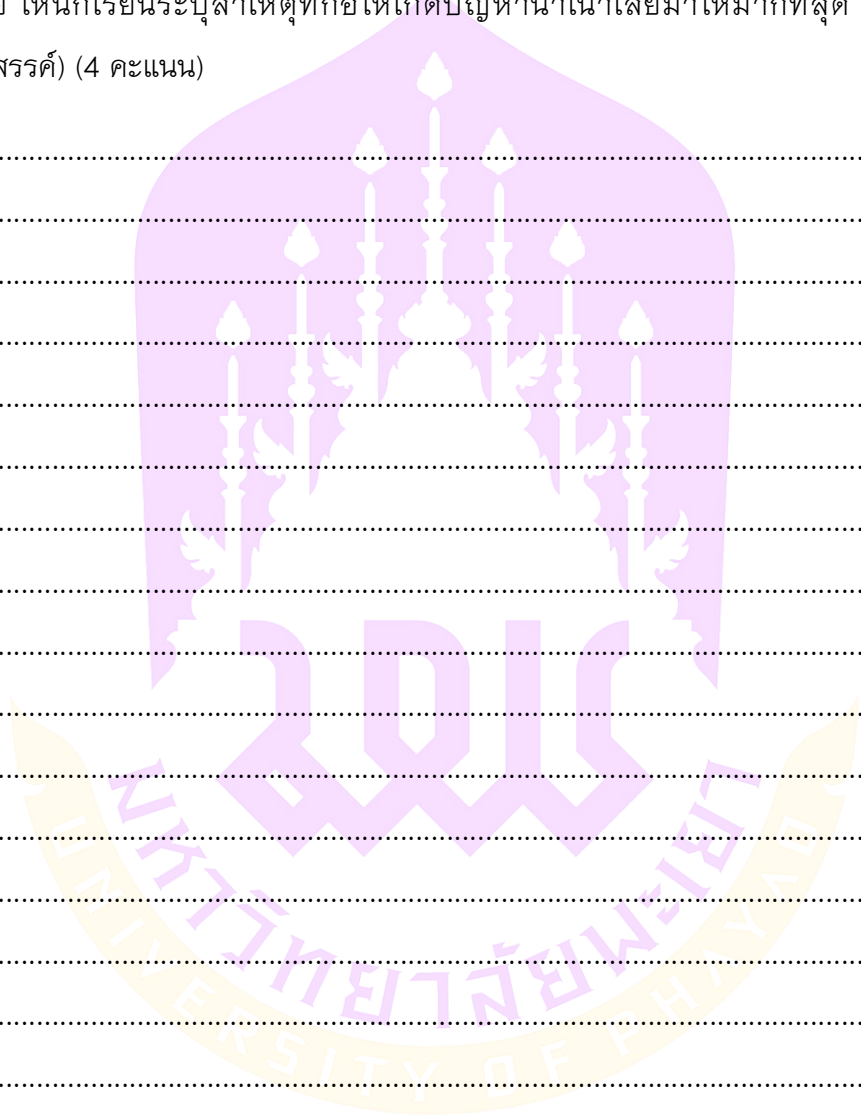
**คำชี้แจง**

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมฉบับนี้เป็นแบบวัดชนิดอัตนัยจำนวน 7 ข้อ  
จำนวน 9 หน้า คะแนนเต็ม 28 คะแนน โดยใช้เวลาในการทำ ดังนี้  
 1.1 ข้อ และ 6 จำกัดเวลาในการทำข้อละ 5 นาที  
 1.2 ข้อ 2 – 5 และ 7 จำกัดเวลาในการทำข้อละ 10 นาที
2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมแต่ละข้อจะวัดพฤติกรรมบ่งชี้ใน 3 ด้าน  
ได้แก่ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ และการสร้าง  
นวัตกรรม
3. ให้นักเรียนเขียนคำตอบลงข้อคำถามแต่ละข้อให้ถูกต้อง สมบูรณ์
4. ครูผู้คุมสอบเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำข้อสอบแต่ละข้อ เมื่อได้ยินเสียง  
สัญญาณหมดเวลาให้หยุดทำทันที จากนั้นครูผู้คุมสอบจะเก็บแบบทดสอบนั้นแล้วแจก  
ข้อคำถามถัดไป
5. ไม่อนุญาตให้นักเรียนเริ่มทำข้อสอบก่อนได้รับอนุญาต
6. ไม่อนุญาตให้นำข้อสอบออกจากห้องสอบ

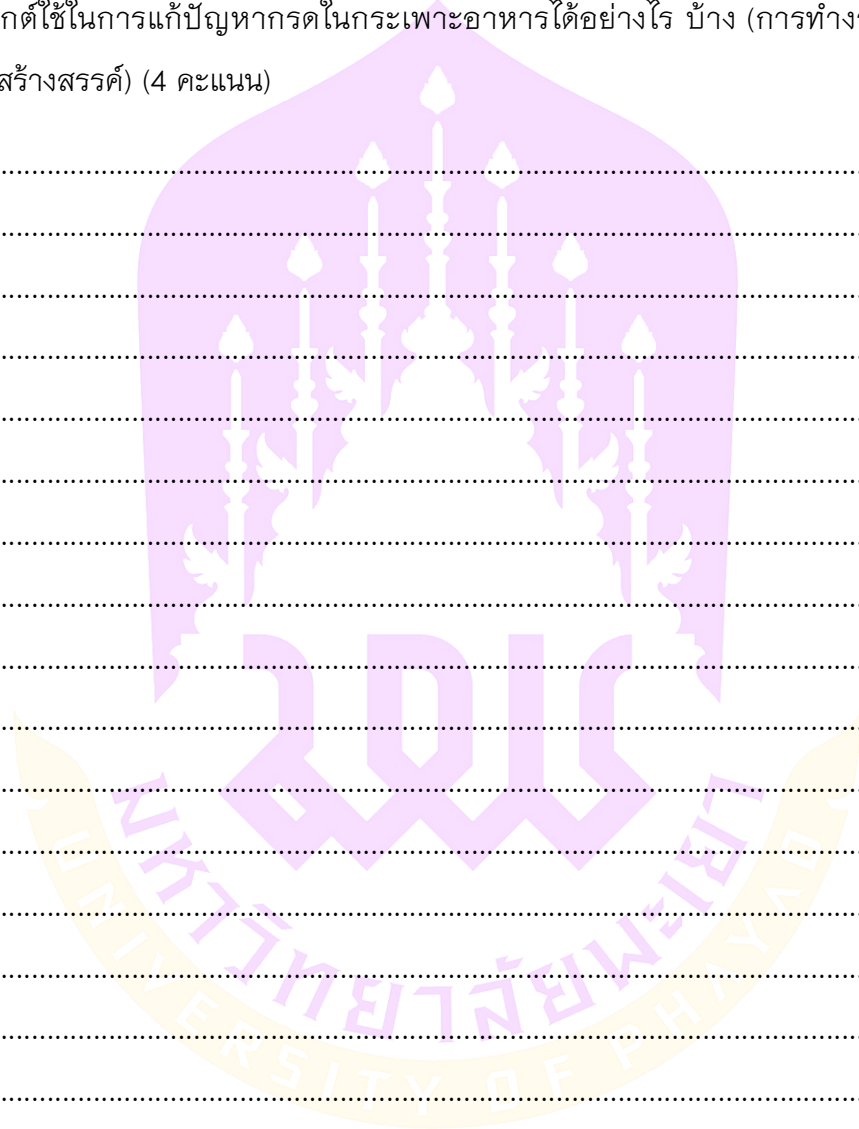
**ข้อที่ 1** ในชีวิตประจำวันของนักเรียนล้วนเกี่ยวข้องกับกรดและเบส ทั้งการบริโภคอาหาร ยา รักษาโรค หรือเครื่องอุปโภค เป็นต้น ให้นักเรียนระบุประเภทพร้อมทั้งยกตัวอย่างกรดและเบส ในชีวิตประจำวันของนักเรียนมาให้ได้มากที่สุด (การคิดอย่างสร้างสรรค์) (4 คะแนน)



**ข้อที่ 2** ปัจจุบันปัญหาน้ำเน่าเสียในชุมชนจัดเป็นปัญหาใหญ่ที่ต้องเร่งแก้ไข เนื่องจากมนุษย์ใช้น้ำทั้งในด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม คร้วเรือน เพื่อการดื่มกินและประกอบอาหาร และใช้ชำระล้างร่างกาย สิ่งสกปรกต่าง ๆ โดยการที่น้ำเน่าเสียมีส่วนมาจากค่า pH หรือสภาพความเป็นกรด-เบสในน้ำไม่เหมาะสม โดยสาเหตุหลักของปัญหาน้ำเน่าเสียมาจากการกระทำของมนุษย์ ให้นักเรียนระบุสาเหตุที่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเน่าเสียมาให้มากที่สุด (การคิดอย่างสร้างสรรค์) (4 คะแนน)

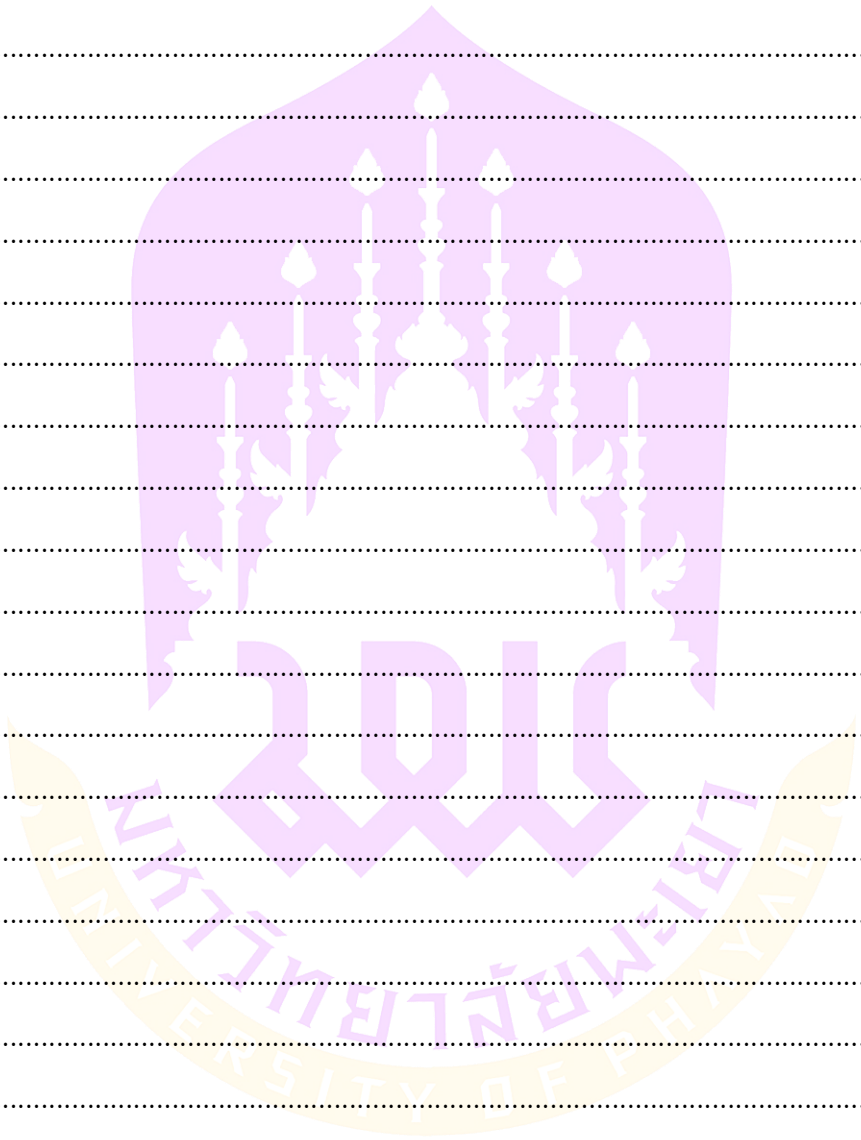


**ข้อที่ 3** ปัจจุบันโรคกรดไหลย้อนเป็นโรคที่สร้างความน่ารำคาญใจ และเป็นภัยเงียบที่ส่งผลเสียต่อร่างกายเป็นอย่างมาก เป็นโรคที่เกิดจากน้ำย่อยในกระเพาะอาหารไหลย้อนขึ้นไปยังหลอดอาหาร ส่วนใหญ่แล้วโรคกรดไหลย้อนล้วนมีสาเหตุมาจากพฤติกรรมการบริโภคอาหาร หากนักเรียนกำลังประสบปัญหากรดไหลย้อนนักเรียนจะสามารถนำความรู้เรื่อง กรด-เบส มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหกรดในกระเพาะอาหารได้อย่างไรบ้าง (การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์) (4 คะแนน)



**ข้อที่ 4** ปัญหาดินเปรี้ยว หรือดินที่มีสภาพความเป็นกรดสูง เป็นปัญหาที่พบในเกษตรกรที่ใช้ปุ๋ยเคมีจำนวนมาก เนื่องจากในปุ๋ยเคมีจะประกอบไปด้วยธาตุไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ซึ่งล้วนแล้วแต่มีคุณสมบัติเป็นกรดทั้งสิ้น ซึ่งส่งผลให้พืชส่วนใหญ่ไม่สามารถอยู่รอดได้ หากนักเรียนเป็นผู้เชี่ยวชาญที่จะเข้าไปช่วยเหลือเกษตรกร นักเรียนจะนำความรู้เรื่องกรด-เบส มาประยุกต์ใช้ในการเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาให้แก่เกษตรกรอย่างไรบ้าง และเพราะเหตุใด (การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์) (4 คะแนน)

**ข้อที่ 5** หากนักเรียนทราบว่ากระเพาะอาหารมี pH ประมาณ 2.5 อุณหภูมิ 36 องศาเซลเซียส นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไรบ้าง เพื่อเตรียมสารละลาย และเพื่อจำลองสภาวะกระเพาะอาหารของมนุษย์ (การสร้างนวัตกรรม) (4 คะแนน)



A series of horizontal dotted lines for writing the answer.



**ข้อที่ 7** ให้นักเรียนเลือกนวัตกรรมจาก กรด-เบส ที่นักเรียนต้องการสร้างจากข้อ 6 มาหนึ่งอย่าง พร้อมวาดภาพการออกแบบนวัตกรรมประกอบ โดยระบุรายละเอียดของภาพอย่างชัดเจน (การสร้างนวัตกรรม) (8 คะแนน)

เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

| เกณฑ์การประเมิน                                                                                                                                                                                                                                                                   | เกณฑ์การให้คะแนน                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                             |                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4<br>(ดีมาก)                                                                                                                                                                                                                                          | 3<br>(ดี)                                                                                                                                                                                                                                 | 2<br>(ปานกลาง)                                                                                                                                                                                              | 1<br>(ควรปรับปรุง) |
| การคิดอย่างสร้างสรรค์ (Creative Thinking)                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                             |                    |
| ให้คะแนนจากคำตอบทั้งหมดของนักเรียน โดยต้องเป็นคำตอบที่แสดงถึงการใช้เทคนิคในการสร้างสรรค์ความคิดที่หลากหลาย ก่อเกิดแนวคิดที่แปลกใหม่ มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ สามารถนำไปใช้ได้จริง และทั้งมีการประเมินความคิดของตนเองซ้ำเพื่อปรับปรุงและพัฒนาแนวคิดของตนเอง โดยจะได้คำตอบละ 1 คะแนน | <p>1. ระบุกรดและเบสในวิธีป ระจ ำ วัน ได้อหลากหลาย ถูกตอง 6 ขอขึ้นไ ภายใเวลา 5 นาที</p> <p>2. ระบุสาเหตุที่เกี่ยวของกับกรด-เบสที่ก่อใให้เกิดน้ำเน่า เน่าเสียได้หลากหลาย ถูกตอง 4 ขอขึ้นไ ึ่งเป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่เกินรอยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด</p> | <p>1. ระบุกรดและเบสในวิธีป ระจ ำ วัน ได้อหลากหลาย ถูกตอง 5-6 ขอ ภายใเวลา 5 นาที</p> <p>2. ระบุสาเหตุที่เกี่ยวของกับกรด-เบสที่ก่อใให้เกิดน้ำเน่า เสียได้หลากหลาย ถูกตอง 4 ขอ ึ่งเป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่เกินรอยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด</p> | <p>1. ระบุกรดและเบสในวิธีป ระจ ำ วัน ถูกตอง นอยกวา 3 ขอ ภายใเวลา 5 นาที</p> <p>2. ระบุสาเหตุที่เกี่ยวของกับกรด-เบสที่ก่อใให้เกิดน้ำเน่า เสียถูกตองนอยกวา 3 ขอ ือมีผู้ตอบเกินรอยละ 50 ของนักเรียนทั้งหมด</p> |                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                          |                                                                                                             |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                          | 3. ระบุ นวัตกรรม ที่เกี่ยวข้องกับ กระด-เบส ได้ 5 ข้อขึ้นไป ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่เกิน ร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด                                                          | 3. ระบุ นวัตกรรม ที่เกี่ยวข้องกับ กระด-เบส ได้ 4-5 ข้อ ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่เกิน ร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด | 3. ระบุ นวัตกรรม ที่เกี่ยวข้องกับ กระด-เบส ได้ 2-3 ข้อ ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่เกิน ร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด                                                              | 3. ระบุ นวัตกรรม ที่เกี่ยวข้องกับ กระด-เบส ได้อย่างน้อย 2 ข้อ หรือเป็นคำตอบที่มีผู้ตอบเกิน ร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด |
| การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                          |                                                                                                             |                                                                                                                                                                          |                                                                                                                         |
| ให้คะแนนจากคำตอบทั้งหมดของนักเรียน โดยต้องเป็นคำตอบที่แสดงถึงความสามารถในการสื่อสารความคิดใหม่ ๆ ให้กับผู้อื่น เปิดกว้างทางความคิด แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มในการทำงาน เขาใจถึงปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำงานจริง โดยจะได้คำตอบ 1 คะแนน | 1. ระบุวิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการกระเพาะอาหารเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยนำไปปฏิบัติตามได้ถูกต้อง ซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องไม่เกิน ร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด | 2. ระบุแนวทางการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการตั้งครรภ์ โดยจะได้อะไรบ้าง                               | 1. ระบุวิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการกระเพาะอาหารเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยนำไปปฏิบัติตามได้ถูกต้อง ซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องไม่เกิน ร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด | 2. ระบุแนวทางการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการตั้งครรภ์ โดยจะได้อะไรบ้าง                                           |
| ให้คะแนนจากคำตอบทั้งหมดของนักเรียน โดยต้องเป็นคำตอบที่แสดงถึงความสามารถในการสื่อสารความคิดใหม่ ๆ ให้กับผู้อื่น เปิดกว้างทางความคิด แสดงให้เห็นถึงความคิดริเริ่มในการทำงาน เขาใจถึงปัญหาและข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในการทำงานจริง โดยจะได้คำตอบ 1 คะแนน | 1. ระบุวิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการกระเพาะอาหารเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยนำไปปฏิบัติตามได้ถูกต้อง ซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องไม่เกิน ร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด | 2. ระบุแนวทางการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการตั้งครรภ์ โดยจะได้อะไรบ้าง                               | 1. ระบุวิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการกระเพาะอาหารเพื่อให้คำแนะนำแก่ผู้ป่วยนำไปปฏิบัติตามได้ถูกต้อง ซึ่งมีคำตอบที่ถูกต้องไม่เกิน ร้อยละ 60 ของนักเรียนทั้งหมด | 2. ระบุแนวทางการทำงานร่วมกับผู้อื่นในการแก้ปัญหาการตั้งครรภ์ โดยจะได้อะไรบ้าง                                           |

|                                                                                                                               |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                               | เพื่อให้คำแนะนำแก่<br>เกษตรกรได้ถูกต้อง ซึ่ง<br>เป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่<br>เกินร้อยละ 40 ของ<br>นักเรียนทั้งหมด                  | ถูกต้อง ซึ่งเป็นคำตอบที่มี<br>ผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 50<br>ของนักเรียนทั้งหมด                                                                            | ถูกต้อง ซึ่งเป็นคำตอบที่มี<br>ผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 60<br>ของนักเรียนทั้งหมด                                                                             | ถูกต้อง ซึ่งเป็นคำตอบที่มี<br>ผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 60 ของ<br>นักเรียนทั้งหมด                                                                             |
| การสร้างนวัตกรรม (Implement Innovations)                                                                                      |                                                                                                                                  |                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                         |
| ให้คะแนนจากคำตอบ<br>ทั้งหมดของนักเรียน โดย<br>ต้องเป็นคำตอบที่แสดงถึง<br>การดำเนินการออกแบบ<br>นวัตกรรม จะได้คำตอบ<br>1 คะแนน | 1. เขียนรายละเอียดการ<br>ออกแบบการจำลอง<br>สภาวะกระเพาะอาหาร<br>ของมนุษย์ได้มากเห็น<br>ภาพ ชัดเจน และมีความ<br>ถูกต้องและสมบูรณ์ | 1. เขียนรายละเอียดการ<br>ออกแบบการจำลอง<br>สภาวะกระเพาะอาหาร<br>ของมนุษย์ได้มาก แต่ไม่<br>สามารถเขียนให้เห็นภาพ<br>ชัดเจน มีความถูกต้อง<br>และสมบูรณ์ | 1. เขียนรายละเอียดการ<br>ออกแบบการจำลอง<br>สภาวะกระเพาะอาหาร<br>ของมนุษย์ได้บ้าง ไม่<br>สามารถเขียนให้เห็นภาพ<br>ชัดเจน มีความถูกต้อง<br>ยังไม่สมบูรณ์ | 1. เขียนรายละเอียดการ<br>ออกแบบการจำลอง<br>สภาวะกระเพาะอาหาร<br>ของมนุษย์ได้เล็กน้อย ไม่<br>สามารถเขียนให้เห็นภาพ<br>ชัดเจน มีความถูกต้อง<br>ไม่สมบูรณ์ |
|                                                                                                                               | 2. เลือกนวัตกรรมจาก<br>กรด-เบสได้ พร้อมวาด<br>ภาพการออกแบบ<br>นวัตกรรม โดยเขียน<br>รายละเอียดให้เห็นภาพ<br>ชัดเจน และมีความ      | 2. เลือกนวัตกรรมจาก<br>กรด-เบสได้ พร้อมวาด<br>ภาพการออกแบบ<br>นวัตกรรม โดยเขียน<br>รายละเอียดให้เห็นภาพ<br>ชัดเจน และมีความ                           | 2. เลือกนวัตกรรมจาก<br>กรด-เบสได้ พร้อมวาด<br>ภาพการออกแบบ<br>นวัตกรรม โดยเขียน<br>รายละเอียดให้เห็นภาพ<br>ชัดเจน และมีความ                            | 2. เลือกนวัตกรรมจาก<br>กรด-เบสได้ พร้อมวาด<br>ภาพการออกแบบ<br>นวัตกรรม โดยเขียน<br>รายละเอียดให้เห็นภาพ<br>ไม่สามารถเขียนให้เห็น                        |

|  | ผู้ตอบสมปूरณ | ผู้ตอบสมปूरณ | ผู้ตอบสมปूरณ | ภาพชัดเจน มีควมถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ |
|--|--------------|--------------|--------------|-------------------------------------|
|--|--------------|--------------|--------------|-------------------------------------|

**เกณฑ์การแปลผลคะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม**

|                   |         |                                                             |
|-------------------|---------|-------------------------------------------------------------|
| ช่วงคะแนน 1 – 7   | หมายถึง | นักเรียนมีความคิดสร้างและนวัตกรรมระดับคุณภาพ 1 คือ ปรับปรุง |
| ช่วงคะแนน 8 – 14  | หมายถึง | นักเรียนมีความคิดสร้างและนวัตกรรมระดับคุณภาพ 2 คือ พอใช้    |
| ช่วงคะแนน 15 – 21 | หมายถึง | นักเรียนมีความคิดสร้างและนวัตกรรมระดับคุณภาพ 3 คือ ดี       |
| ช่วงคะแนน 22 – 28 | หมายถึง | นักเรียนมีความคิดสร้างและนวัตกรรมระดับคุณภาพ 4 คือ ดีมาก    |

6. แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้น  
มัธยมศึกษาตอนปลาย

แบบสอบถามเจตคติของนักเรียน

ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางคิดสะเต็มศึกษา

ชื่อ.....สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ประกอบด้วยเนื้อหา 4 ด้าน ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 20 ข้อ
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่างตามระดับการประเมินที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุด โดยมีระดับความคิดเห็น 5 ระดับ ดังนี้

|         |         |                      |
|---------|---------|----------------------|
| 5 คะแนน | หมายถึง | เห็นด้วยอย่างยิ่ง    |
| 4 คะแนน | หมายถึง | เห็นด้วย             |
| 3 คะแนน | หมายถึง | ไม่แน่ใจ             |
| 2 คะแนน | หมายถึง | ไม่เห็นด้วย          |
| 1 คะแนน | หมายถึง | ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง |

| ข้อ                                                 | ข้อความ                                                                                     | ระดับความคิดเห็น |   |   |   |   |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|---|---|
|                                                     |                                                                                             | 5                | 4 | 3 | 2 | 1 |
| ความคิดเห็นต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา |                                                                                             |                  |   |   |   |   |
| 1                                                   | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าได้เรียนรู้ด้วยตนเองและเน้นการปฏิบัติจริง |                  |   |   |   |   |
| 2                                                   | ความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไม่สามารถนำไปใช้ในชีวิตจริงได้         |                  |   |   |   |   |
| 3                                                   | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเกิดความเครียด ความวิตกกังวลใจ            |                  |   |   |   |   |
| 4                                                   | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเข้าใจเรื่องที่เรียนมากขึ้น               |                  |   |   |   |   |

|                                                           |                                                                                        |  |  |  |  |  |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 5                                                         | การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมแก่ข้าพเจ้า  |  |  |  |  |  |
| <b>ความสนใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b>   |                                                                                        |  |  |  |  |  |
| 6                                                         | ข้าพเจ้ารู้สึกเบื่อทุกครั้งเมื่อต้องได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา        |  |  |  |  |  |
| 7                                                         | ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาน่าสนใจ                          |  |  |  |  |  |
| 8                                                         | ข้าพเจ้ารู้สึกกระตือรือร้นที่จะทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                    |  |  |  |  |  |
| 9                                                         | ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าเสียเวลา            |  |  |  |  |  |
| 10                                                        | ข้าพเจ้าสนใจที่จะเข้าร่วมทำกิจกรรมสะเต็มถ้ามีโอกาส                                     |  |  |  |  |  |
| <b>ความชอบต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b>    |                                                                                        |  |  |  |  |  |
| 11                                                        | ข้าพเจ้าชอบการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามากกว่าการเรียนรู้แบบปกติ                    |  |  |  |  |  |
| 12                                                        | ข้าพเจ้าอยากทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาต่อถึงแม้จะหมดเวลาแล้ว                                 |  |  |  |  |  |
| 13                                                        | การทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาทำให้ข้าพเจ้าภูมิใจในตนเอง                                      |  |  |  |  |  |
| 14                                                        | ข้าพเจ้าชอบเรียนวิชาอื่นมากกว่าทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                    |  |  |  |  |  |
| 15                                                        | ข้าพเจ้ารู้สึกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นสิ่งที่ไม่จำเป็น และไม่ควรมี |  |  |  |  |  |
| <b>การแสดงออกต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา</b> |                                                                                        |  |  |  |  |  |
| 16                                                        | ข้าพเจ้าชอบแสดงความคิดเห็นตลอดการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา                                  |  |  |  |  |  |
| 17                                                        | ข้าพเจ้าตั้งใจทำกิจกรรมสะเต็มอย่างเต็มความสามารถ และสำเร็จ                             |  |  |  |  |  |

|    |                                                                                          |  |  |  |  |  |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|--|
| 18 | ข้าพเจ้ามักจะสืบค้นความรู้ และข้อมูล เพื่อเตรียมพร้อมก่อนมาทำกิจกรรมสะเต็มเสมอ           |  |  |  |  |  |
| 19 | ข้าพเจ้ามักจะค้นคว้าหาคำตอบในสิ่งที่สงสัยจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเสมอ    |  |  |  |  |  |
| 20 | ข้าพเจ้ามักจะนำความรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาใช้ในชีวิตประจำวัน |  |  |  |  |  |

**เกณฑ์การแปลผลคะแนนเฉลี่ยของเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย**

|             |             |         |                                                                               |
|-------------|-------------|---------|-------------------------------------------------------------------------------|
| คะแนนเฉลี่ย | 4.51 – 5.00 | หมายถึง | นักเรียนมีเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด  |
| คะแนนเฉลี่ย | 3.51 – 4.50 | หมายถึง | นักเรียนมีเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก        |
| คะแนนเฉลี่ย | 2.51 – 3.50 | หมายถึง | นักเรียนมีเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับปานกลาง    |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.51 – 2.50 | หมายถึง | นักเรียนมีเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับน้อย       |
| คะแนนเฉลี่ย | 1.00 – 1.50 | หมายถึง | นักเรียนมีเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับน้อยที่สุด |

### ภาคผนวก ค ผลการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

1. ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่อง กรด-เบส จำนวน 1 หน่วยการจัดการเรียนรู้ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง
2. ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
3. ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
4. ผลตรวจสอบความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับด้านองค์ประกอบเจตคติของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
5. ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
6. ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



1. ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา  
เรื่องกรด-เบส จำนวน 1 หน่วยการจัดการเรียนรู้ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ 15 ชั่วโมง

ตาราง 9 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม  
ศึกษาเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11  
เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส

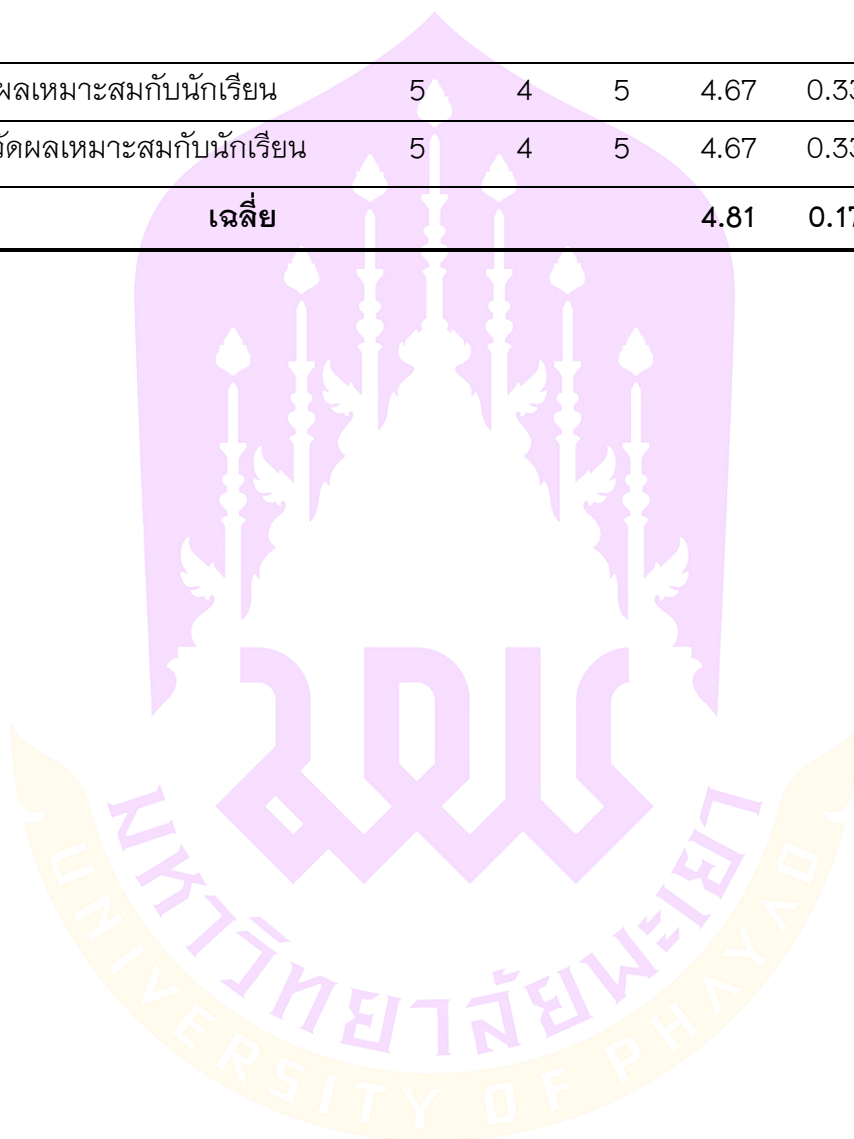
| รายการประเมิน                                                                                                       | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความ<br>เหมาะสม |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|----------------------|
|                                                                                                                     | 1                | 2 | 3 |           |      |                      |
| 1. ผลการเรียนรู้                                                                                                    |                  |   |   |           |      |                      |
| 1.1 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา<br>ขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)                                            | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 2. สาระสำคัญ                                                                                                        |                  |   |   |           |      |                      |
| 2.1 ถูกต้อง เหมาะสมกับระดับของ<br>นักเรียน                                                                          | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                     | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3. สาระการเรียนรู้                                                                                                  |                  |   |   |           |      |                      |
| 3.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน                                                                                      | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3.2 ถูกต้อง สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน<br>พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.<br>2560) | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4. จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                            |                  |   |   |           |      |                      |
| 4.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและ<br>ประเมินได้ชัดเจน                                                                 | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.2 ครอบคลุมผลการเรียนรู้                                                                                           | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>หลักสูตรแกนกลาง                                                                   | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.4 ขอความชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                         | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                                                    | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความ<br>เหมาะสม |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|----------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                  | 1                | 2 | 3 |           |      |                      |
| 5. ชิ้นงาน/ภาระงาน                                                                                                                                                                                                                               |                  |   |   |           |      |                      |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ<br>จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                         | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 5.2 สอดคล้องกับการส่งเสริมความคิด<br>สร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน                                                                                                                                                                            | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 5.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน                                                                                                                                                                                                                   | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 6. กิจกรรมการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                                            |                  |   |   |           |      |                      |
| 6.1 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการ<br>เรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้แก่ ระบุ<br>สถานการณ์ (Focus) วิเคราะห์สถานการณ์<br>(Detail) ศึกษาค้นคว้า (Discovery) ชั้น<br>ประยุกต์ (Application) นำเสนอ<br>(Presentation) และประเมินและปรับปรุง<br>(Link) | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 6.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ<br>จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                         | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.22 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 6.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ                                                                                                                                                                                                                         | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.22 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 7. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                               |                  |   |   |           |      |                      |
| 7.1 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน                                                                                                                                                                                                                      | 4                | 5 | 4 | 4.33      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 7.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                                             | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 7.3 กระตุ้นให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์<br>การเรียนรู้                                                                                                                                                                                             | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 7.4 นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง                                                                                                                                                                                                                  | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 8. การวัดและประเมินผล                                                                                                                                                                                                                            |                  |   |   |           |      |                      |
| 8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                                             | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |

ตารางที่ 9 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                  | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$   | S.D.        | ระดับความเหมาะสม        |
|------------------------------------------------|------------------|---|---|-------------|-------------|-------------------------|
|                                                | 1                | 2 | 3 |             |             |                         |
| 8.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ | 5                | 4 | 5 | 4.67        | 0.33        | เหมาะสมมากที่สุด        |
| 8.3 วิธีการวัดผลเหมาะสมกับนักเรียน             | 5                | 4 | 5 | 4.67        | 0.33        | เหมาะสมมากที่สุด        |
| 8.4 เครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับนักเรียน          | 5                | 4 | 5 | 4.67        | 0.33        | เหมาะสมมากที่สุด        |
| <b>เฉลี่ย</b>                                  |                  |   |   | <b>4.81</b> | <b>0.17</b> | <b>เหมาะสมมากที่สุด</b> |



ตาราง 10 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม  
ศึกษาเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12  
เรื่อง คู่กรด-เบส

| รายการประเมิน                                                                                                       | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความ<br>เหมาะสม |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|----------------------|
|                                                                                                                     | 1                | 2 | 3 |           |      |                      |
| 1. ผลการเรียนรู้                                                                                                    |                  |   |   |           |      |                      |
| 1.1 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา<br>ขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)                                            | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 2. สาระสำคัญ                                                                                                        |                  |   |   |           |      |                      |
| 2.1 ถูกต้อง เหมาะสมกับระดับของ<br>นักเรียน                                                                          | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                     | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3. สาระการเรียนรู้                                                                                                  |                  |   |   |           |      |                      |
| 3.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน                                                                                      | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3.2 ถูกต้อง สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน<br>พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.<br>2560) | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4. จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                            |                  |   |   |           |      |                      |
| 4.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและ<br>ประเมินได้ชัดเจน                                                                 | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.2 ครอบคลุมผลการเรียนรู้                                                                                           | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>หลักสูตรแกนกลาง                                                                   | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.4 ขอบความชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                        | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 5. ชิ้นงาน/ภาระงาน                                                                                                  |                  |   |   |           |      |                      |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ<br>จุดประสงค์การเรียนรู้                                                            | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |

ตารางที่ 10 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                               | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความเหมาะสม |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 2 | 3 |           |      |                  |
| 5.2 สอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน                                                                                                                                                           | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 5.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน                                                                                                                                                                                              | 5                | 4 | 4 | 4.33      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6. กิจกรรมการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                       |                  |   |   |           |      |                  |
| 6.1 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้แก่ ระบุสถานการณ์ (Focus) วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) ศึกษาค้นคว้า (Discovery) ชั้นประยุกต์ (Application) นำเสนอ (Presentation) และประเมินและปรับปรุง (Link) | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                        | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ                                                                                                                                                                                                    | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้                                                                                                                                                                                          |                  |   |   |           |      |                  |
| 7.1 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน                                                                                                                                                                                                 | 5                | 4 | 4 | 4.33      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                        | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.3 กระตุ้นให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                            | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.4 นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง                                                                                                                                                                                             | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8. การวัดและประเมินผล                                                                                                                                                                                                       |                  |   |   |           |      |                  |
| 8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                        | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้                                                                                                                                                                              | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8.3 วิธีการวัดผลเหมาะสมกับนักเรียน                                                                                                                                                                                          | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |

ตารางที่ 10 (ต่อ)

| รายการประเมิน                         | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความเหมาะสม |
|---------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|------------------|
|                                       | 1                | 2 | 3 |           |      |                  |
| 8.4 เครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับนักเรียน | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| เฉลี่ย                                |                  |   |   | 4.82      | 0.15 | เหมาะสมมากที่สุด |



ตาราง 11 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม  
 ศึกษาเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13  
 เรื่อง การแตกตัวของกรด เบส และน้ำ

| รายการประเมิน                                                                                                       | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความ<br>เหมาะสม |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|----------------------|
|                                                                                                                     | 1                | 2 | 3 |           |      |                      |
| 1. ผลการเรียนรู้                                                                                                    |                  |   |   |           |      |                      |
| 1.1 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา<br>ขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)                                            | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 2. สาระสำคัญ                                                                                                        |                  |   |   |           |      |                      |
| 2.1 ถูกต้อง เหมาะสมกับระดับของ<br>นักเรียน                                                                          | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                     | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3. สาระการเรียนรู้                                                                                                  |                  |   |   |           |      |                      |
| 3.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน                                                                                      | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3.2 ถูกต้อง สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน<br>พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.<br>2560) | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4. จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                            |                  |   |   |           |      |                      |
| 4.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและ<br>ประเมินได้ชัดเจน                                                                 | 5                | 4 | 4 | 4.33      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.2 ครอบคลุมผลการเรียนรู้                                                                                           | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>หลักสูตรแกนกลาง                                                                   | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.4 ขอบความชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                        | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 5. ชิ้นงาน/ภาระงาน                                                                                                  |                  |   |   |           |      |                      |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ<br>จุดประสงค์การเรียนรู้                                                            | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |

ตารางที่ 11 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                               | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความเหมาะสม |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 2 | 3 |           |      |                  |
| 5.2 สอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน                                                                                                                                                           | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 5.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน                                                                                                                                                                                              | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6. กิจกรรมการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                       |                  |   |   |           |      |                  |
| 6.1 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้แก่ ระบุสถานการณ์ (Focus) วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) ศึกษาค้นคว้า (Discovery) ชั้นประยุกต์ (Application) นำเสนอ (Presentation) และประเมินและปรับปรุง (Link) | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                        | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.22 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ                                                                                                                                                                                                    | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.22 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้                                                                                                                                                                                          |                  |   |   |           |      |                  |
| 7.1 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน                                                                                                                                                                                                 | 5                | 4 | 4 | 4.33      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                        | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.3 กระตุ้นให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                            | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.4 นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง                                                                                                                                                                                             | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8. การวัดและประเมินผล                                                                                                                                                                                                       |                  |   |   |           |      |                  |
| 8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                        | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้                                                                                                                                                                              | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8.3 วิธีการวัดผลเหมาะสมกับนักเรียน                                                                                                                                                                                          | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |

ตารางที่ 11 (ต่อ)

| รายการประเมิน                         | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความเหมาะสม |
|---------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|------------------|
|                                       | 1                | 2 | 3 |           |      |                  |
| 8.4 เครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับนักเรียน | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| เฉลี่ย                                |                  |   |   | 4.81      | 0.16 | เหมาะสมมากที่สุด |



ตาราง 12 ผลการประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็ม  
 ศึกษาเรื่องกรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14  
 เรื่อง pH ของสารละลายกรด-เบส

| รายการประเมิน                                                                                                       | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความ<br>เหมาะสม |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|----------------------|
|                                                                                                                     | 1                | 2 | 3 |           |      |                      |
| 1. ผลการเรียนรู้                                                                                                    |                  |   |   |           |      |                      |
| 1.1 ตรงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา<br>ขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560)                                            | 5                | 5 | 5 | 5         | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 2. สาระสำคัญ                                                                                                        |                  |   |   |           |      |                      |
| 2.1 ถูกต้อง เหมาะสมกับระดับของ<br>นักเรียน                                                                          | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 2.2 ภาษาที่ใช้ชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                     | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3. สาระการเรียนรู้                                                                                                  |                  |   |   |           |      |                      |
| 3.1 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน                                                                                      | 5                | 4 | 4 | 4.33      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3.2 ถูกต้อง สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน<br>พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.<br>2560) | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 3.3 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4. จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                            |                  |   |   |           |      |                      |
| 4.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและ<br>ประเมินได้ชัดเจน                                                                 | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.2 ครอบคลุมผลการเรียนรู้                                                                                           | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.3 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้<br>หลักสูตรแกนกลาง                                                                   | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 4.4 ขอบความชัดเจน เข้าใจง่าย                                                                                        | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |
| 5. ชิ้นงาน/ภาระงาน                                                                                                  |                  |   |   |           |      |                      |
| 5.1 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และ<br>จุดประสงค์การเรียนรู้                                                            | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด     |

ตาราง 12 (ต่อ)

| รายการประเมิน                                                                                                                                                                                                               | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความเหมาะสม |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|------------------|
|                                                                                                                                                                                                                             | 1                | 2 | 3 |           |      |                  |
| 5.2 สอดคล้องกับการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียน                                                                                                                                                           | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 5.3 เหมาะสมกับระดับของนักเรียน                                                                                                                                                                                              | 5                | 5 | 4 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6. กิจกรรมการเรียนรู้                                                                                                                                                                                                       |                  |   |   |           |      |                  |
| 6.1 สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้แก่ ระบุสถานการณ์ (Focus) วิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) ศึกษาค้นคว้า (Discovery) ชั้นประยุกต์ (Application) นำเสนอ (Presentation) และประเมินและปรับปรุง (Link) | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                        | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 6.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ                                                                                                                                                                                                    | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.22 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7. สื่อ อุปกรณ์และแหล่งการเรียนรู้                                                                                                                                                                                          |                  |   |   |           |      |                  |
| 7.1 ช่วยประหยัดเวลาในการสอน                                                                                                                                                                                                 | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                        | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.3 กระตุ้นให้การสอนบรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                            | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 7.4 นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง                                                                                                                                                                                             | 5                | 4 | 5 | 4.67      | 0.33 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8. การวัดและประเมินผล                                                                                                                                                                                                       |                  |   |   |           |      |                  |
| 8.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                                                                                                                        | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8.2 สอดคล้องกับผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้                                                                                                                                                                              | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| 8.3 วิธีการวัดผลเหมาะสมกับนักเรียน                                                                                                                                                                                          | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |

ตาราง 12 (ต่อ)

| รายการประเมิน                         | คะแนนความคิดเห็น |   |   | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความเหมาะสม |
|---------------------------------------|------------------|---|---|-----------|------|------------------|
|                                       | 1                | 2 | 3 |           |      |                  |
| 8.4 เครื่องมือวัดผลเหมาะสมกับนักเรียน | 5                | 5 | 5 | 5.00      | 0.00 | เหมาะสมมากที่สุด |
| เฉลี่ย                                |                  |   |   | 4.81      | 0.18 | เหมาะสมมากที่สุด |

ตาราง 13 สรุปผลการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด  
สะเต็มศึกษา เรื่อง กรด-เบส

| แผนการจัดการเรียนรู้                        | $\bar{X}$ | S.D. | ระดับความเหมาะสม |
|---------------------------------------------|-----------|------|------------------|
| แผนที่ 11 เรื่อง ทฤษฎีกรด-เบส               | 4.81      | 0.17 | เหมาะสมมากที่สุด |
| แผนที่ 12 เรื่อง คู่กรด-เบส                 | 4.82      | 0.15 | เหมาะสมมากที่สุด |
| แผนที่ 13 เรื่อง การแตกตัวของกรด เบส และน้ำ | 4.81      | 0.16 | เหมาะสมมากที่สุด |
| แผนที่ 14 pH ของสารละลายกรด-เบส             | 4.81      | 0.18 | เหมาะสมมากที่สุด |
| ค่าเฉลี่ยรวม                                | 4.81      | 0.16 | เหมาะสมมากที่สุด |

2. ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัดของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

| ข้อสอบ | พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการวัด      | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |   |   | รวม  | IOC  | แปลผล  |
|--------|---------------------------------------|----------------------------|---|---|------|------|--------|
|        |                                       | 1                          | 2 | 3 |      |      |        |
| 1      | การคิดอย่างสร้างสรรค์                 | 1                          | 1 | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้ |
| 2      | การคิดอย่างสร้างสรรค์                 | 1                          | 1 | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้ |
| 3      | การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ | 1                          | 0 | 1 | 2.00 | 0.67 | ใช้ได้ |
| 4      | การทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ | 1                          | 1 | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้ |
| 5      | การสร้างนวัตกรรม                      | 1                          | 0 | 1 | 2.00 | 0.67 | ใช้ได้ |
| 6      | การสร้างนวัตกรรม                      | 1                          | 1 | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้ |
| 7      | การสร้างนวัตกรรม                      | 1                          | 1 | 0 | 2.00 | 0.67 | ใช้ได้ |

3. ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และ  
นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 15 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์  
และนวัตกรรม

| คนที่          | ขอ 1  | ขอ 2  | ขอ 3  | ขอ 4  | ขอ 5  | ขอ 6   | ขอ 7  | X   | X <sup>2</sup> |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|-----|----------------|
| 1              | 3     | 2     | 2     | 3     | 3     | 8      | 2     | 23  | 529            |
| 2              | 6     | 2     | 5     | 5     | 6     | 8      | 2     | 34  | 1,156          |
| 3              | 6     | 3     | 6     | 7     | 6     | 7      | 4     | 39  | 1,521          |
| 4              | 7     | 3     | 5     | 7     | 6     | 9      | 3     | 40  | 1,600          |
| 5              | 5     | 1     | 2     | 2     | 4     | 6      | 1     | 21  | 441            |
| 6              | 4     | 1     | 2     | 7     | 3     | 7      | 2     | 26  | 676            |
| 7              | 3     | 1     | 2     | 2     | 3     | 3      | 1     | 15  | 225            |
| 8              | 7     | 3     | 4     | 7     | 6     | 7      | 2     | 36  | 1,296          |
| 9              | 7     | 4     | 5     | 5     | 3     | 7      | 3     | 34  | 1,156          |
| 10             | 6     | 4     | 2     | 2     | 6     | 9      | 2     | 31  | 961            |
| 11             | 7     | 3     | 6     | 6     | 6     | 8      | 3     | 39  | 1,521          |
| 12             | 7     | 2     | 4     | 6     | 5     | 7      | 2     | 33  | 1,089          |
| 13             | 5     | 2     | 2     | 2     | 5     | 7      | 2     | 25  | 625            |
| 14             | 7     | 4     | 2     | 6     | 6     | 9      | 3     | 37  | 1,369          |
| 15             | 6     | 2     | 2     | 5     | 6     | 7      | 2     | 30  | 900            |
| 16             | 6     | 2     | 2     | 8     | 4     | 7      | 4     | 33  | 1,089          |
| $\Sigma X_i$   | 92    | 39    | 53    | 80    | 78    | 116    | 38    | 496 | 16,154         |
| $\Sigma X_i^2$ | 8,464 | 1,521 | 2,809 | 6,400 | 6,084 | 13,456 | 1,444 |     |                |
| $S_i^2$        | 1.93  | 1.06  | 2.63  | 4.5   | 1.72  | 2.07   | 0.78  |     |                |

ค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient)

$$\begin{aligned}
 S_t^2 &= \frac{n\sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)} \\
 &= \frac{16(16,154) - 496^2}{16(16-1)} \\
 &= \frac{258,464 - 246,016}{240} \\
 &= 51.87 \\
 \alpha &= \left( \frac{n}{n-1} \right) \left( 1 - \frac{\sum s_i^2}{S_t^2} \right) \\
 &= \left( \frac{7}{7-1} \right) \left( 1 - \frac{14.725}{51.87} \right) \\
 &= (1.167)(0.716) \\
 &= 0.835
 \end{aligned}$$

ดังนั้นค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายมีค่าเท่ากับ 0.835

4. ผลตรวจสอบความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับด้านองค์ประกอบเจตคติของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตาราง 16 ผลตรวจสอบความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับด้านองค์ประกอบเจตคติของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

| ข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |    |   | รวม  | IOC  | แปลผล     |
|--------|----------------------------|----|---|------|------|-----------|
|        | 1                          | 2  | 3 |      |      |           |
| 1      | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 2      | 1                          | 0  | 1 | 2.00 | 0.67 | ใช้ได้    |
| 3      | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 4      | 1                          | 1  | 0 | 2.00 | 0.67 | ใช้ได้    |
| 5      | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 6      | 1                          | 0  | 1 | 2.00 | 0.67 | ใช้ได้    |
| 7      | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 8      | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 9      | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 10     | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 11     | 1                          | 1  | 0 | 2.00 | 0.67 | ใช้ได้    |
| 12     | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 13     | 1                          | 0  | 0 | 1.00 | 0.33 | ใช้ไม่ได้ |
| 14     | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 15     | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 16     | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 17     | 1                          | 0  | 0 | 1.00 | 0.33 | ใช้ไม่ได้ |
| 18     | 1                          | -1 | 0 | 0.00 | 0.00 | ใช้ไม่ได้ |
| 19     | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 20     | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |
| 21     | 1                          | 1  | 1 | 3.00 | 1.00 | ใช้ได้    |

ตารางที่ 16 (ต่อ)

| ข้อที่ | ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ |    |   | รวม   | IOC   | แปลผล     |
|--------|----------------------------|----|---|-------|-------|-----------|
|        | 1                          | 2  | 3 |       |       |           |
| 22     | 1                          | 1  | 0 | 2.00  | 0.67  | ใช้ได้    |
| 23     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 24     | 1                          | 1  | 0 | 2.00  | 0.67  | ใช้ได้    |
| 25     | 1                          | 0  | 0 | 1.00  | 0.33  | ใช้ไม่ได้ |
| 26     | 1                          | -1 | 0 | 0.00  | 0.00  | ใช้ไม่ได้ |
| 27     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 28     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 29     | -1                         | -1 | 1 | -1.00 | -0.33 | ใช้ไม่ได้ |
| 30     | -1                         | -1 | 1 | -1.00 | -0.33 | ใช้ไม่ได้ |
| 31     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 32     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 33     | 1                          | 0  | 0 | 1.00  | 0.33  | ใช้ไม่ได้ |
| 34     | 1                          | 0  | 1 | 2.00  | 0.67  | ใช้ได้    |
| 35     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 36     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 37     | 1                          | 0  | 1 | 2.00  | 0.67  | ใช้ได้    |
| 38     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 39     | 1                          | 1  | 1 | 3.00  | 1.00  | ใช้ได้    |
| 40     | 1                          | 0  | 1 | 2.00  | 0.67  | ใช้ได้    |

5. ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 17 ผลการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

| ข้อที่ | ค่าอำนาจจำแนก (r) | ผลการประเมิน |
|--------|-------------------|--------------|
| 1      | 0.91              | คัดเลือกไว้  |
| 2      | 0.41              | คัดเลือกไว้  |
| 3      | 0.75              | คัดเลือกไว้  |
| 4      | 0.47              | คัดเลือกไว้  |
| 5      | 0.73              | คัดเลือกไว้  |
| 6      | 0.75              | คัดเลือกไว้  |
| 7      | 0.78              | คัดเลือกไว้  |
| 8      | 0.79              | คัดเลือกไว้  |
| 9      | 0.42              | คัดเลือกไว้  |
| 10     | 0.79              | คัดเลือกไว้  |
| 11     | 0.90              | คัดเลือกไว้  |
| 12     | 0.79              | คัดเลือกไว้  |
| 13     | 0.75              | คัดเลือกไว้  |
| 14     | 0.41              | คัดเลือกไว้  |
| 15     | 0.43              | คัดเลือกไว้  |
| 16     | 0.48              | คัดเลือกไว้  |
| 17     | 0.75              | คัดเลือกไว้  |
| 18     | 0.96              | คัดเลือกไว้  |
| 19     | 0.72              | คัดเลือกไว้  |
| 20     | 0.60              | คัดเลือกไว้  |

6. ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Reliability Statistic

| Cronbach's Alpha | N of Items |
|------------------|------------|
| .802             | 20         |



### ภาคผนวก ง คะแนนจากการทดลองและผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) ใช้วิธีทดสอบแบบ One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test
3. ผลการวัดเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย



1. คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 18 คะแนนจากการทดสอบหลังเรียนด้วยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และ  
นวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

| คะแนนความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมหลังเรียน |              |              |              |              |              |              |              |       |        |
|--------------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|--------|
| คนที่                                      | ข้อ 1<br>(4) | ข้อ 2<br>(4) | ข้อ 3<br>(4) | ข้อ 4<br>(4) | ข้อ 5<br>(4) | ข้อ 6<br>(4) | ข้อ 7<br>(8) | รวม   | ร้อยละ |
| 1                                          | 4            | 3            | 3            | 2            | 3            | 2            | 4            | 21    | 75.00  |
| 2                                          | 4            | 2            | 3            | 4            | 2            | 4            | 3            | 22    | 78.57  |
| 3                                          | 4            | 2            | 3            | 4            | 3            | 2            | 3            | 21    | 75.00  |
| 4                                          | 3            | 3            | 4            | 3            | 3            | 4            | 4            | 24    | 85.71  |
| 5                                          | 4            | 2            | 2            | 3            | 2            | 4            | 4            | 21    | 75.00  |
| 6                                          | 4            | 2            | 3            | 3            | 2            | 3            | 4            | 21    | 75.00  |
| 7                                          | 3            | 3            | 3            | 4            | 3            | 4            | 4            | 24    | 85.71  |
| 8                                          | 4            | 4            | 3            | 2            | 3            | 4            | 4            | 24    | 85.71  |
| 9                                          | 4            | 3            | 3            | 3            | 2            | 2            | 4            | 21    | 75.00  |
| 10                                         | 4            | 2            | 3            | 3            | 3            | 2            | 4            | 21    | 75.00  |
| 11                                         | 4            | 4            | 4            | 4            | 4            | 2            | 4            | 26    | 92.86  |
| 12                                         | 4            | 4            | 4            | 3            | 3            | 2            | 4            | 24    | 85.71  |
| 13                                         | 3            | 3            | 3            | 3            | 2            | 3            | 4            | 21    | 75.00  |
| 14                                         | 3            | 2            | 2            | 3            | 4            | 2            | 4            | 20    | 71.43  |
| 15                                         | 3            | 3            | 3            | 3            | 2            | 4            | 4            | 22    | 78.57  |
| รวม                                        | 55           | 42           | 46           | 47           | 41           | 44           | 58           | 333   | 79.29  |
| $\bar{X}$                                  | 3.67         | 2.80         | 3.07         | 3.13         | 2.73         | 2.93         | 3.87         | 22.20 | 79.29  |
| S.D.                                       | 0.24         | 0.60         | 0.35         | 0.41         | 0.50         | 0.92         | 0.12         | 3.03  |        |

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษากับเกณฑ์ร้อยละ 75 โดยใช้สถิตินอนพาราเมตริก (Nonparametric Statistics) ใช้วิธีทดสอบแบบ One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test



Hypothesis Test Summary

|   | Null Hypothesis                      | Test                                 | Sig. | Decision                    |
|---|--------------------------------------|--------------------------------------|------|-----------------------------|
| 1 | The median of VAR00001 equals 21.00. | One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test | .023 | Reject the null hypothesis. |

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .050.



One-Sample Wilcoxon Signed Rank Test Summary

|                               |        |
|-------------------------------|--------|
| Total N                       | 15     |
| Test Statistic                | 34.000 |
| Standard Error                | 7.018  |
| Standardized Test Statistic   | 2.280  |
| Asymptotic Sig.(2-sided test) | .023   |

### 3. คะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ตาราง 19 คะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

| คะแนนเจตคติต่อการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| คน                                                                            | ข้อที่ 1 | ข้อที่ 2 | ข้อที่ 3 | ข้อที่ 4 | ข้อที่ 5 | ข้อที่ 6 | ข้อที่ 7 | ข้อที่ 8 | ข้อที่ 9 | ข้อที่ 10 | ข้อที่ 11 | ข้อที่ 12 | ข้อที่ 13 | ข้อที่ 14 | ข้อที่ 15 | ข้อที่ 16 | ข้อที่ 17 | ข้อที่ 18 | ข้อที่ 19 | ข้อที่ 20 |
| 1                                                                             | 4        | 3        | 3        | 5        | 4        | 2        | 4        | 5        | 2        | 5         | 4         | 3         | 5         | 3         | 3         | 5         | 4         | 4         | 4         | 4         |
| 2                                                                             | 4        | 2        | 2        | 4        | 4        | 2        | 4        | 4        | 2        | 3         | 3         | 2         | 4         | 4         | 2         | 3         | 4         | 4         | 4         | 4         |
| 3                                                                             | 4        | 2        | 2        | 5        | 4        | 3        | 4        | 4        | 2        | 4         | 4         | 3         | 4         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         |
| 4                                                                             | 5        | 2        | 3        | 4        | 5        | 1        | 4        | 3        | 2        | 4         | 3         | 3         | 4         | 4         | 2         | 4         | 4         | 4         | 4         | 5         |
| 5                                                                             | 3        | 2        | 4        | 4        | 4        | 3        | 3        | 4        | 3        | 3         | 3         | 3         | 4         | 3         | 2         | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         |
| 6                                                                             | 4        | 2        | 2        | 4        | 4        | 2        | 4        | 4        | 2        | 4         | 4         | 4         | 4         | 2         | 2         | 4         | 4         | 4         | 3         | 4         |
| 7                                                                             | 4        | 3        | 3        | 5        | 4        | 3        | 4        | 3        | 5        | 4         | 4         | 4         | 3         | 3         | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         |
| 8                                                                             | 4        | 3        | 3        | 4        | 4        | 3        | 4        | 4        | 3        | 4         | 3         | 3         | 4         | 3         | 3         | 4         | 4         | 4         | 4         | 4         |
| 9                                                                             | 4        | 3        | 3        | 4        | 3        | 3        | 4        | 3        | 3        | 3         | 3         | 3         | 4         | 4         | 3         | 4         | 4         | 3         | 3         | 3         |

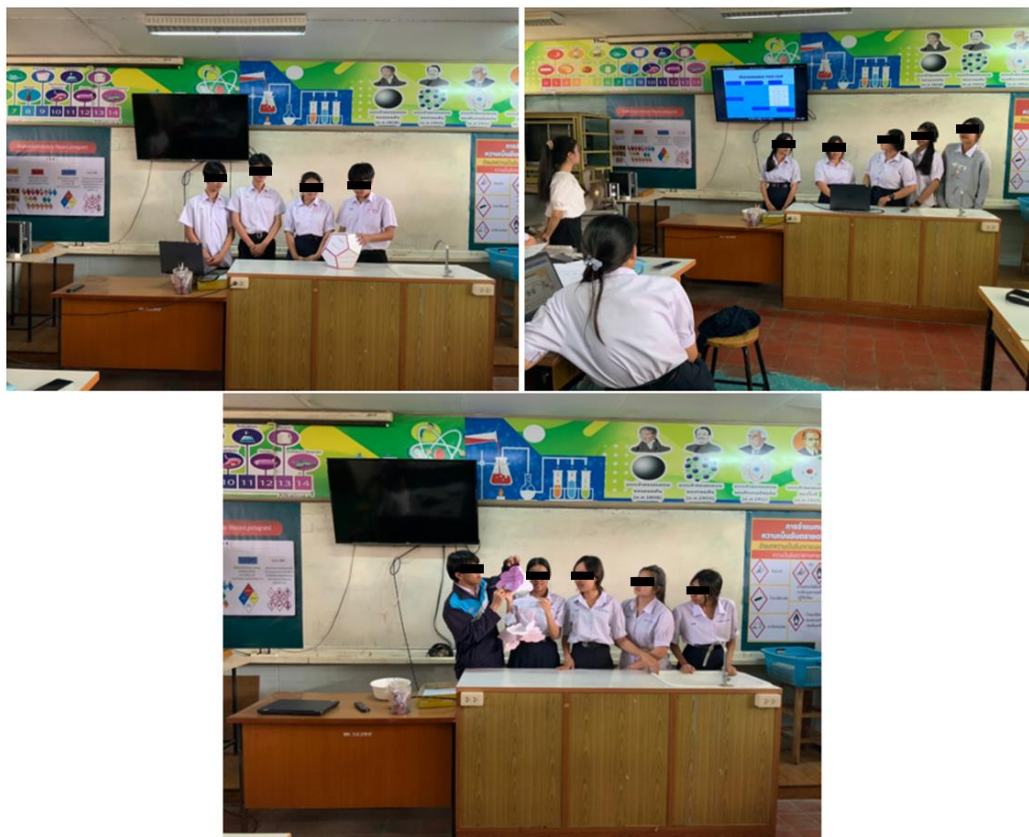
ตารางที่ 21 (ต่อ)

| คะแนนเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย |          |          |          |          |          |          |          |          |          |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| คนที่                                                                               | ข้อที่ 1 | ข้อที่ 2 | ข้อที่ 3 | ข้อที่ 4 | ข้อที่ 5 | ข้อที่ 6 | ข้อที่ 7 | ข้อที่ 8 | ข้อที่ 9 | ข้อที่ 10 | ข้อที่ 11 | ข้อที่ 12 | ข้อที่ 13 | ข้อที่ 14 | ข้อที่ 15 | ข้อที่ 16 | ข้อที่ 17 | ข้อที่ 18 | ข้อที่ 19 | ข้อที่ 20 |
| 10                                                                                  | 4        | 3        | 3        | 4        | 4        | 3        | 3        | 3        | 5        | 3         | 3         | 3         | 3         | 4         | 5         | 1         | 2         | 4         | 4         | 4         |
| 11                                                                                  | 5        | 2        | 2        | 5        | 5        | 2        | 5        | 4        | 2        | 5         | 5         | 4         | 5         | 2         | 1         | 5         | 5         | 4         | 4         | 5         |
| 12                                                                                  | 5        | 2        | 3        | 5        | 5        | 2        | 5        | 4        | 3        | 4         | 4         | 3         | 5         | 3         | 2         | 4         | 5         | 4         | 4         | 4         |
| 13                                                                                  | 3        | 4        | 3        | 4        | 4        | 2        | 4        | 5        | 2        | 4         | 3         | 4         | 5         | 1         | 2         | 4         | 3         | 4         | 5         | 3         |
| 14                                                                                  | 5        | 1        | 4        | 5        | 4        | 2        | 4        | 4        | 2        | 4         | 4         | 4         | 5         | 2         | 2         | 4         | 4         | 3         | 4         | 4         |
| 15                                                                                  | 5        | 2        | 3        | 5        | 5        | 2        | 5        | 4        | 2        | 4         | 4         | 4         | 5         | 2         | 2         | 5         | 5         | 4         | 4         | 4         |
| $\bar{X}$                                                                           | 4.20     | 2.40     | 2.87     | 4.47     | 4.20     | 2.33     | 4.07     | 3.87     | 2.67     | 3.87      | 3.60      | 3.33      | 4.27      | 2.80      | 2.47      | 3.93      | 4.00      | 3.87      | 3.93      | 4.00      |
| S.D.                                                                                | 0.46     | 0.54     | 0.41     | 0.27     | 0.31     | 0.38     | 0.35     | 0.41     | 1.10     | 0.41      | 0.40      | 0.38      | 0.50      | 0.89      | 0.98      | 0.92      | 0.57      | 0.12      | 0.21      | 0.29      |

## ภาคผนวก จ ภาพประกอบการวิจัย



ภาพ 6 การทดลองพิสูจน์ความเป็นกรด-เบสของสิ่งของในชีวิตประจำวันของนักเรียน



ภาพ 7 การนำเสนอสื่อเผยแพร่ความรู้จากการทดลองของนักเรียน



ภาพ 8 ตัวอย่างสื่อเผยแพร่ความรู้กรด - เบสของนักเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว



ภาพ 9 บรรยายภาพการแสดงความคิดเห็นและออกแบบสื่อบนออนไลน์ของนักเรียน



ภาพ 10 การนำเสนอสื่อบนออนไลน์และการมีส่วนร่วมในชั้นเรียนของ  
นักเรียนกลุ่มอื่น

3. ให้นักเรียนระบุประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาในมากที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบสื่อเกมผู้ทรง-แบบออนไลน์ (ความคิดสร้างสรรค์)

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ - บรูส
2. รูปแบบสื่อเกมออนไลน์
3. วิธีการสร้างเกมออนไลน์
4. ข้อดีข้อเสียของเกมออนไลน์ กับผู้ทรง-แบบ

4. หากนักเรียนเป็นเพื่อนที่สอนผ่าน ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบการสร้างเกมออนไลน์เพื่อตัวให้เพื่อนที่ตอบไม่ผ่าน เรื่องผู้ทรง-แบบ โดยวาดรูปเขียนที่นักเรียนออกแบบ และเขียนวิธีการสร้างเกมมาอย่างละเอียด (ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ)



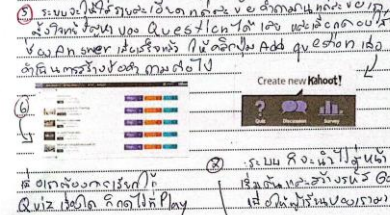
① เข้าไปที่ kahoot.it หรือเว็บไซต์ getkahoot.com



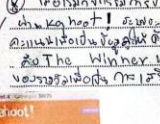
3. ให้นักเรียนระบุประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาในมากที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบสื่อเกมผู้ทรง-แบบออนไลน์ (ความคิดสร้างสรรค์)

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ - บรูส
2. รูปแบบสื่อเกมออนไลน์
3. วิธีการสร้างเกมออนไลน์
4. ข้อดีข้อเสียของเกมออนไลน์ กับผู้ทรง-แบบ

4. หากนักเรียนเป็นเพื่อนที่สอนผ่าน ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบการสร้างเกมออนไลน์เพื่อตัวให้เพื่อนที่ตอบไม่ผ่าน เรื่องผู้ทรง-แบบ โดยวาดรูปเขียนที่นักเรียนออกแบบ และเขียนวิธีการสร้างเกมมาอย่างละเอียด (ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ)



① เข้าไปที่ kahoot.it หรือเว็บไซต์ getkahoot.com



3. ให้นักเรียนระบุประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาในมากที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบสื่อเกมผู้ทรง-แบบออนไลน์ (ความคิดสร้างสรรค์)

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ - บรูส
2. รูปแบบสื่อเกมออนไลน์
3. วิธีการสร้างเกมออนไลน์
4. ข้อดีข้อเสียของเกมออนไลน์ กับผู้ทรง-แบบ

4. หากนักเรียนเป็นเพื่อนที่สอนผ่าน ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบการสร้างเกมออนไลน์เพื่อตัวให้เพื่อนที่ตอบไม่ผ่าน เรื่องผู้ทรง-แบบ โดยวาดรูปเขียนที่นักเรียนออกแบบ และเขียนวิธีการสร้างเกมมาอย่างละเอียด (ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ)



1. Login เพื่อเข้าสู่ระบบ  
2. เลือกสร้างเกมใหม่ กดที่ปุ่ม 'create new quiz'  
3. สร้างเกมใหม่ตามคำถาม  
4. เลือกสร้างคำถาม กดที่ปุ่ม 'create new question'  
5. สร้างคำถามเสร็จแล้ว กดที่ปุ่ม 'finish game' เพื่อจบการสร้างเกม

3. ให้นักเรียนระบุประเด็นที่ต้องศึกษาข้อมูลมาในมากที่สุดเพื่อใช้ในการออกแบบสื่อเกมผู้ทรง-แบบออนไลน์ (ความคิดสร้างสรรค์)

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ - บรูส
2. รูปแบบสื่อเกมออนไลน์
3. วิธีการสร้างเกมออนไลน์
4. ข้อดีข้อเสียของเกมออนไลน์ กับผู้ทรง-แบบ

4. หากนักเรียนเป็นเพื่อนที่สอนผ่าน ให้นักเรียนร่วมกันออกแบบการสร้างเกมออนไลน์เพื่อตัวให้เพื่อนที่ตอบไม่ผ่าน เรื่องผู้ทรง-แบบ โดยวาดรูปเขียนที่นักเรียนออกแบบ และเขียนวิธีการสร้างเกมมาอย่างละเอียด (ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดลออ)



1. Login เพื่อเข้าสู่ระบบ  
2. เลือกสร้างเกมใหม่ กดที่ปุ่ม 'create new quiz'  
3. สร้างเกมใหม่ตามคำถาม  
4. เลือกสร้างคำถาม กดที่ปุ่ม 'create new question'  
5. สร้างคำถามเสร็จแล้ว กดที่ปุ่ม 'finish game' เพื่อจบการสร้างเกม

ภาพ 11 ตัวอย่างการออกแบบสื่อเกมออนไลน์ของนักเรียน

**vonder** << บทเรียนของฉัน / ทฤษฎีกรด-เบส

บทเรียนของฉัน

บทเรียนพร้อมใช้งาน

ตั้งค่า

จัดการผู้ใช้

ศูนย์ช่วยเหลือ

ใช้งานแฟลชการ์ดวันนี้

0 crystal

อัปเกรด Pro

sophon prongcit  
qu3263872@gmail...

รายละเอียดบทเรียน ผลการวิเคราะห์

รายละเอียดบทเรียน แก้ไข

**ทฤษฎีกรด-เบส**  
เดิม 7 คำถาม ผ่องแผ้วที่ 50%

▶ 1 8 2

ชุดคำถามที่ 1 เลือกหนึ่งคำตอบที่ถูกต้อง

Question

1. สารละลายในข้อใดเป็นสารละลายอิเล็กโทรไลต์แก่ที่มีสมบัติเป็นเบส

✓ สารละลาย A เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน หลอดไฟสว่างมาก

● สารละลาย B เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน หลอดไฟสว่างเล็กน้อย

1/3

กระดาศยูนิเวอร์ซัลอินดิเคเตอร์

ฟีนอล์ฟเทอไรน

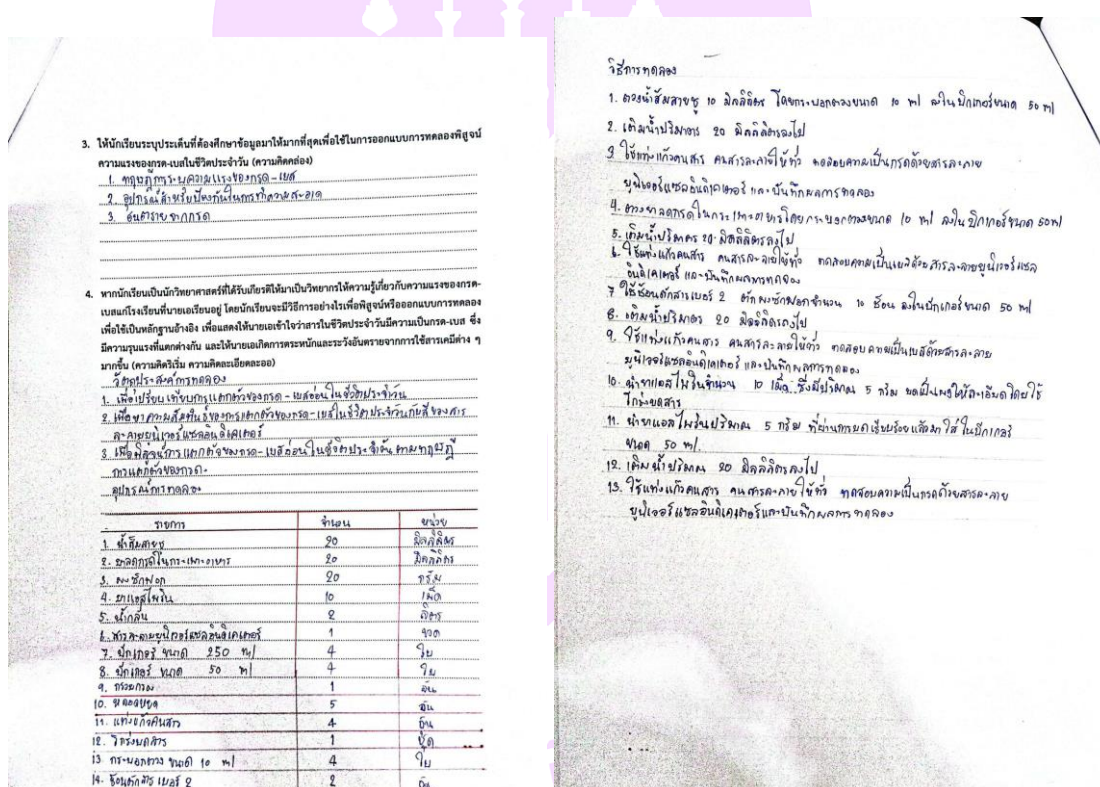
กระดาศลิตมัส

ถูกทุกข้อ

ภาพ 12 ตัวอย่างสื่อเกมออนไลน์ที่นักเรียนออกแบบ



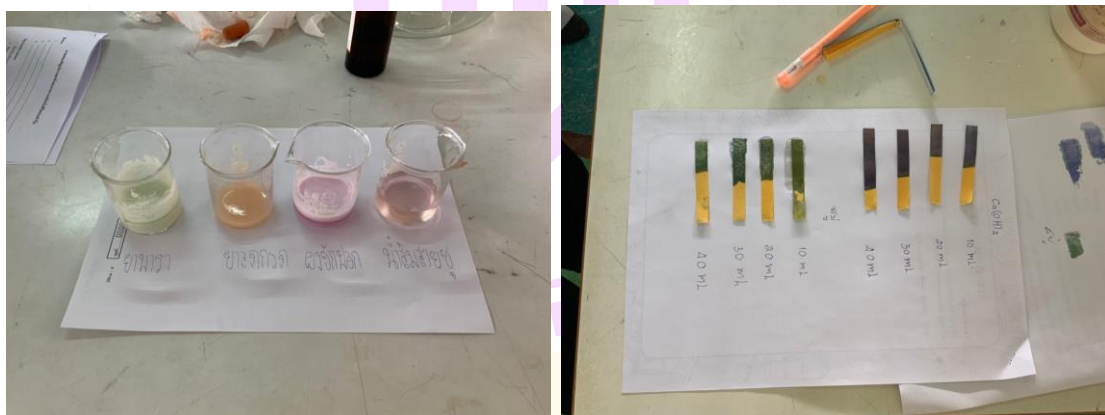
ภาพ 13 การร่วมกันออกแบบการทดลอง และขอคำปรึกษาจากครูผู้สอน



ภาพ 14 ผลการออกแบบการแก้ปัญหาของนักเรียน



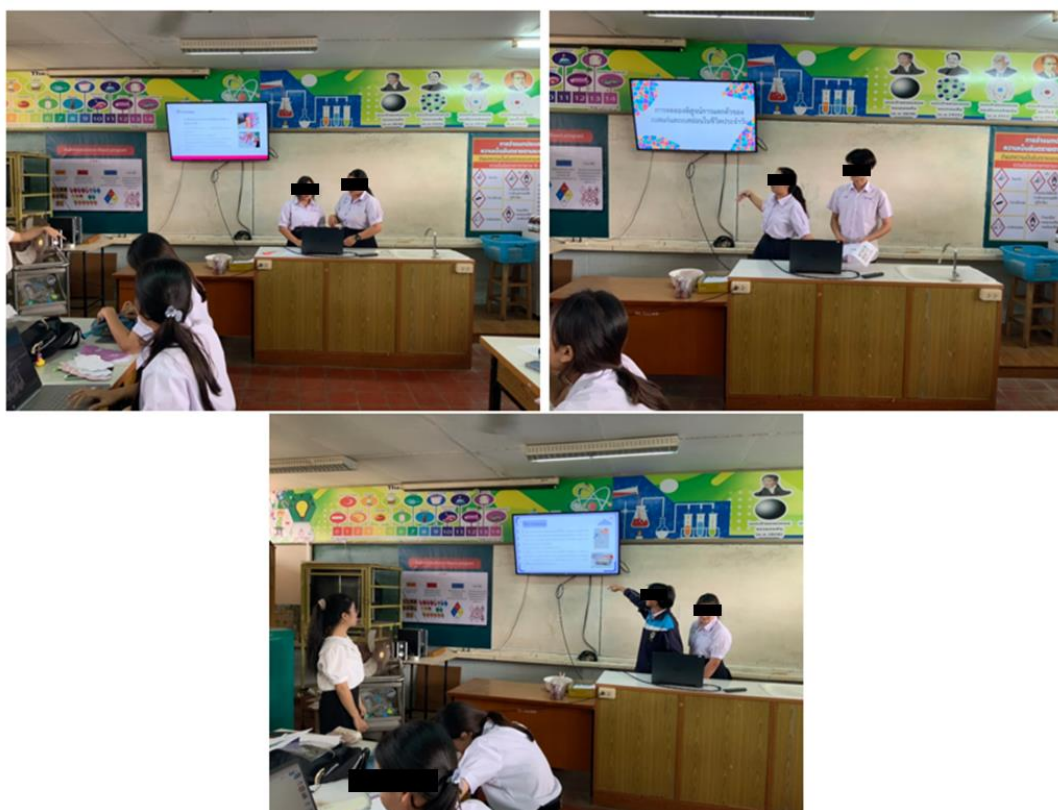
ภาพ 15 การทดลองพิสูจน์การแตกตัวของกรด-เบสของนักเรียน



ภาพ 16 ผลการทดลองพิสูจน์การแตกตัวของกรด-เบสของนักเรียน

[illegible]

ภาพ 17 ผลการพิสูจน์การแตกตัวของกรด-เบสผ่านการคำนวณของนักเรียน

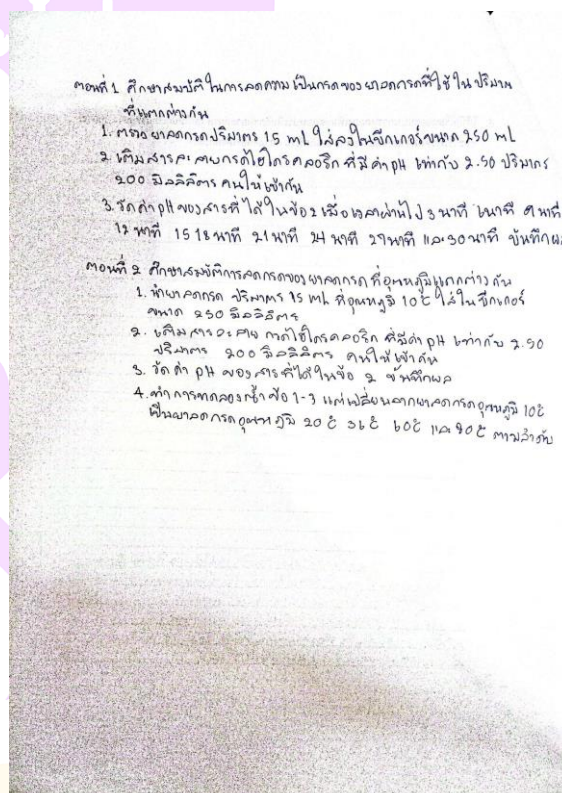
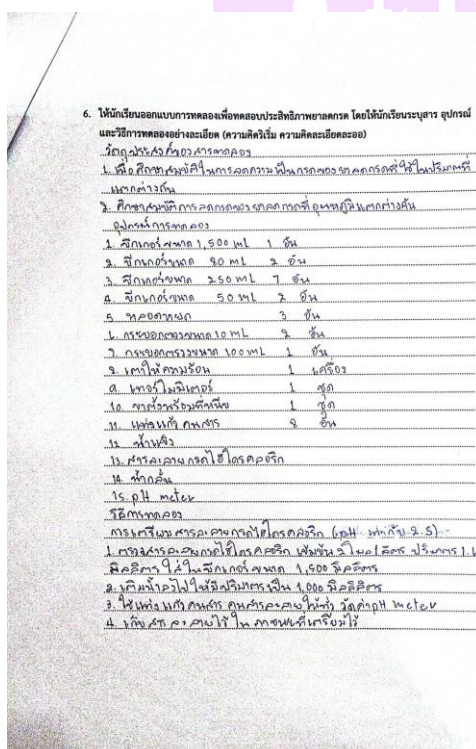


ภาพ 18 การนำเสนอผลการทดลองพิสูจน์การแตกตัวของกรด-เบส  
จากสื่อนำเสนอของนักเรียน





ภาพ 19 การทำกิจกรรมในชั้นเรียนและการใช้คำถามกระตุ้นแก่นักเรียน



ภาพ 20 ผลการออกแบบเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของยาลดกรดของนักเรียน



ภาพ 21 การนำเสนอสื่อโฆษณาประสิทธิภาพยาลดกรดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม



ภาพ 22 สื่อโฆษณาประสิทธิภาพยาลดกรดของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

## ประวัติผู้วิจัย

|                   |                                                           |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|
| ชื่อ-สกุล         | อวิศยา สันคม                                              |
| วัน เดือน ปี เกิด | 24 กันยายน 2541                                           |
| สถานที่เกิด       | แพร่                                                      |
| วุฒิการศึกษา      | พ.ศ.2563 วศ.บ. (วิศวกรรมเคมี), มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม |
| ที่อยู่ปัจจุบัน   | 247 ม.1 ซอย 11 ต.พระหลวง อ.สูงเม่น จ.แพร่ 54130           |

