



การศึกษามโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียน  
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ประกิจ วรเลิศ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
ปีการศึกษา 2561  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี



STUDYING OF SCIENTIFIC CONCEPTS AND LEARNING GAIN ON THE  
RATE OF CHEMICAL REACTIONS OF GRADE 11 STUDENTS  
LEARNING THROUGH STEM EDUCATION

PRAKID WORALERT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT  
FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
MAJOR IN SCIENCE EDUCATION  
FACULTY OF SCIENCE  
UBON RATCHATHANI UNIVERSITY  
ACADEMIC YEAR 2018  
COPYRIGHT OF UBON RATCHATHANI UNIVERSITY



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์

เรื่อง การศึกษามโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัย นายประกิจ วรเลิศ

คณะกรรมการสอบ

|                                           |               |
|-------------------------------------------|---------------|
| ดร.สนธิ พลชัยยา                           | ประธานกรรมการ |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะวัน วุฒิเสลา | กรรมการ       |
| ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร    | กรรมการ       |

อาจารย์ที่ปรึกษา

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะวัน วุฒิเสลา)

.....  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชรีดา ปุกหุด)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี  
ปีการศึกษา 2561

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดีเพราะได้รับความกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะวัน วุฒิสภา ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัย การเขียนรายงานวิจัย ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่ให้ความช่วยเหลือในการวิจัยแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างเรียบร้อย สมบูรณ์

ขอขอบคุณ ดร.สนธิ พลชัยยา และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี สุภาพร กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำ และตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ จนวิทยานิพนธ์เสร็จสมบูรณ์ ขอขอบคุณคณาจารย์ คณะวิทยาศาสตร์ สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่กรุณาให้ความรู้และสละเวลาให้คำปรึกษา ชี้แนะในการศึกษาตลอดระยะเวลาการศึกษาในมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พร้อมทั้งให้คำปรึกษาในการทำวิทยานิพนธ์ตลอดมา ทำให้วิทยานิพนธ์นี้มีคุณค่า และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท

ขอขอบคุณผู้บริหาร คณาครู และบุคลากรทางการศึกษา โรงเรียนกระสังพิทยาคม จังหวัดบุรีรัมย์ ที่ให้ความช่วยเหลือ และให้ความสะดวกในการวิจัย และขอขอบคุณ บิดา มารดา พี่น้อง และเพื่อน ๆ ที่คอยให้กำลังใจในการทำวิจัยในครั้งนี้เสมอมา

ประกิจ วรเลิศ

ผู้วิจัย

## บทคัดย่อ

- เรื่อง : การศึกษามโนคติวิद्याศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- ผู้วิจัย : ประกิจ วรเลิศ
- ชื่อปริญญา : วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
- สาขาวิชา : วิทยาศาสตร์ศึกษา
- อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตระกูลรัตน์ วุฒิเสลา
- คำสำคัญ : มโนคติวิद्याศาสตร์, ความก้าวหน้าทางการเรียน, อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี, การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กและอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สของนักเรียน เปรียบเทียบคะแนนมโนคติวิद्याศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน และผิดหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 42 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 แบบแผนการวิจัย คือ แบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค และแบบทดสอบชนิดเลือกตอบพร้อมให้เหตุผล จำนวน 30 ข้อ ผลการวิจัย พบว่า ตู้เย็นขนาดเล็กและอุปกรณ์เก็บแก๊สที่นักเรียนออกแบบเองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 87.00 และ 90.00 ตามลำดับ นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนมโนคติวิद्याศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คะแนนร้อยละของมโนคติวิद्याศาสตร์สูงสุดในเนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 74.17 จากการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน นักเรียนมีมโนคติวิद्याศาสตร์เพิ่มขึ้นทุกเนื้อหา ส่วนมโนคติที่ผิดลดลงทุกเนื้อหา นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อน และผิดมากที่สุดว่าเมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบจะทำให้พลังงานก่อกัมมันต์เพิ่มขึ้น คิดเป็นร้อยละ 47.62

## ABSTRACT

TITLE : STUDYING OF SCIENTIFIC CONCEPTS AND LEARNING GAIN ON THE RATE OF CHEMICAL REACTIONS OF GRADE 11 STUDENTS LEARNING THROUGH STEM EDUCATION

AUTHOR : PRAKID WORALERT

DEGREE : MASTER OF DEGREE

MAJOR : SCIENCE EDUCATION

ADVISOR : ASST. PROF. KARNTARAT WUTTISELA, Ph.D.

KEYWORDS : SCIENTIFIC CONCEPT, LEARNING GAIN, RATE OF CHEMICAL REACTION, STEM EDUCATION

This research aimed to evaluate the abilities of small refrigerator design and gas volume measurement, to compare pretest and posttest scientific concepts (SC), and to explore alternative concepts (AC) and misconcepts (MC) of grade 11 students after participating in a science, technology, engineering and mathematics (STEM) activity on the rates of chemical reactions. Participants were 42 grade 11 students who were studying in the first semester of academic year 2017. The research was a one-group pretest posttest design. Research instruments used were STEM-based lesson plans, scoring rubrics, and 30 two-tier questions. The findings revealed that the average score of students' abilities in the small refrigerator design and gas storage devices were 87.00% and 90.00%, respectively. The posttest score of the SC students after learning through a STEM activity was higher than the pretest score at the significant level of .05. According to the SC, the students had the highest scores on the rate of chemical reactions which was 74.17%. Based on the normalized gain analysis, students' SC increased for all contents while the students' MC decreased. The results also indicated that the some students perceived particular AC and MC that 47.62% of the students perceived that increased temperature could increase activation energy.

## สารบัญ

|                                                                | หน้า |
|----------------------------------------------------------------|------|
| กิจกรรมประกาศ                                                  | ก    |
| บทคัดย่อภาษาไทย                                                | ข    |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ                                             | ค    |
| สารบัญ                                                         | ง    |
| สารบัญตาราง                                                    | ฉ    |
| สารบัญภาพ                                                      | ช    |
| <b>บทที่ 1 บทนำ</b>                                            |      |
| 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา                             | 1    |
| 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย                                    | 5    |
| 1.3 สมมติฐานของการวิจัย                                        | 6    |
| 1.4 ขอบเขตของการวิจัย                                          | 6    |
| 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ                                  | 6    |
| 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ                                            | 7    |
| <b>บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>                  |      |
| 2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา | 9    |
| 2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน                                    | 17   |
| 2.3 มโนคติ (Concept)                                           | 18   |
| 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง                                      | 19   |
| <b>บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย</b>                              |      |
| 3.1 แบบแผนการวิจัย                                             | 30   |
| 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง                                    | 30   |
| 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย                                 | 31   |
| 3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล                                   | 34   |
| 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้                           | 34   |

## สารบัญ (ต่อ)

|                                                                                    | หน้า |
|------------------------------------------------------------------------------------|------|
| <b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>                                              |      |
| 4.1 การออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กและอุปกรณ์เก็บแก๊ส                                     | 36   |
| 4.2 คะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียนก่อนเรียนและ<br>หลังเรียน      | 44   |
| 4.3 มโนมติคลาดเคลื่อนและผิดก่อนเรียนและหลังเรียน                                   | 48   |
| <b>บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ</b>                                        |      |
| 5.1 สรุปผลการวิจัย                                                                 | 55   |
| 5.2 ข้อเสนอแนะ                                                                     | 56   |
| <b>เอกสารอ้างอิง</b>                                                               | 58   |
| <b>ภาคผนวก</b>                                                                     |      |
| ก แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                    | 67   |
| ข แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี              | 89   |
| ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล                                   | 119  |
| ง คะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิด<br>ปฏิกิริยาเคมี | 122  |
| จ บทความวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่                                                   | 126  |
| ฉ แบบแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย                                            | 139  |
| ช ภาพกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                | 141  |
| <b>ประวัติผู้วิจัย</b>                                                             | 145  |



## สารบัญตาราง

| ตารางที่ |                                                                                                                                 | หน้า |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 2.1      | เปรียบเทียบกระบวนการจัดการการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในแต่ละขั้นตอน                                                               | 12   |
| 2.2      | ร้อยละมโนคติสลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง จลนพลศาสตร์เคมี                                                                       | 28   |
| 3.1      | กิจกรรมการเรียนรู้หลักในแผนการจัดการเรียนรู้                                                                                    | 31   |
| 3.2      | วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบ                                                            | 32   |
| 3.3      | วิเคราะห์แบบทดสอบจากเนื้อหาที่สอนตามหลักของ Bloom's Taxonomy                                                                    | 33   |
| 3.4      | เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์วัดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบ ชนิดตัวเลือก 2 ลำดับขั้น                                  | 35   |
| 4.1      | วัสดุที่ใช้ในการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก ราคาวัสดุสารเคมี อุณหภูมิที่ลดลงของครูและนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ                              | 38   |
| 4.2      | คะแนนการสร้างตู้เย็นขนาดเล็กของแต่ละกลุ่ม                                                                                       | 39   |
| 4.3      | วัสดุที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์เก็บแก๊ส ราคาวัสดุ ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นของครูและนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ                              | 41   |
| 4.4      | คะแนนการสร้างอุปกรณ์เก็บแก๊สของแต่ละกลุ่ม                                                                                       | 42   |
| 4.5      | คะแนนมโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แยกตามเนื้อหา | 44   |
| 4.6      | ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง สลาดเคลื่อน และผิด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                                      | 48   |
| 4.7      | มโนคติของนักเรียนที่ตอบสลาดเคลื่อนและผิดหลังเรียน                                                                               | 49   |
| ข.1      | ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารเคมีในบ้านบางชนิด องค์ประกอบทางเคมี ชื่อทางเคมี และป้ายแสดงถึงอันตรายของสารเคมีตามมาตรฐาน NFPA               | 112  |
| ข.2      | เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ                                                                    | 115  |
| ค.1      | ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์                                                                      | 120  |
| ค.2      | ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                   | 121  |
| ง.1      | คะแนนแบบทดสอบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (คะแนนเต็ม 60 คะแนน)                                         | 123  |

## สารบัญตาราง (ต่อ)

| ตารางที่ |                                                                                                                           | หน้า |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| ง.2      | คะแนนแบบทดสอบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 1 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก<br>เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)  | 124  |
| ง.3      | คะแนนแบบทดสอบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 อธิบายเหตุผลของคำตอบ<br>เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (คะแนนเต็ม 30 คะแนน) | 125  |

## สารบัญภาพ

| ภาพที่ |                                                                                                      | หน้า |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.1    | วงจรกระบวนการเทคโนโลยี (Technological process)                                                       | 4    |
| 2.1    | วงจรกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม                                                                       | 15   |
| 2.2    | กระบวนการเทคโนโลยี                                                                                   | 17   |
| 2.3    | ชุดอุปกรณ์สาธิตการทดลอง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                                             | 26   |
| 4.1    | ตู้เย็นขนาดเล็กของ (a) ครู (b) นักเรียนกลุ่มที่ 1, 3, 5, 6 และ 8 และ (c) นักเรียนกลุ่มที่ 2, 4 และ 7 | 37   |
| 4.2    | อุปกรณ์เก็บแก๊สด้วยการแทนที่น้ำของ (a) ครู (b) นักเรียนกลุ่มที่ 1-6 และ (c) นักเรียนกลุ่มที่ 7-8     | 40   |
| 4.3    | ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล                                                                   | 46   |
| 4.4    | ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายข้อ                                                                     | 47   |
| 4.5    | มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ พลังงานก่อกัมมันต์ และอัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยา  | 50   |
| 4.6    | มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการระบุชนิดของปฏิกิริยาและการคำนวณค่า $E_a$ จากกราฟ                        | 51   |
| 4.7    | มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการคำนวณหาอัตราเฉลี่ยของปฏิกิริยา                                          | 51   |
| 4.8    | มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลของอัตราเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดจากผลการทดลอง                   | 52   |
| 4.9    | มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาคายความร้อน อุณหภูมิ และอัตราการเกิดปฏิกิริยา      | 53   |
| 4.10   | มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปริมาณของสารผลิตภัณฑ์      | 53   |
| ข.1    | แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้ห่ออาหาร                                                                   | 117  |
| ข.2    | เทปผ้า (Cloth Tape) สีต่าง ๆ                                                                         | 117  |
| ข.1    | กิจกรรมดูหรือกายและสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุในชั้นก่อนทำกิจกรรม สะเต็มตู้เย็นขนาดเล็ก               | 142  |
| ข.2    | นักเรียนสืบค้นข้อมูลก่อนทำกิจกรรมสะเต็ม                                                              | 142  |
| ข.3    | นักเรียนนำเสนอการออกแบบชิ้นงานสะเต็ม                                                                 | 143  |

## สารบัญภาพ (ต่อ)

| ภาพที่ |                                                                           | หน้า |
|--------|---------------------------------------------------------------------------|------|
| ช.4    | นักเรียนลงมือทำกิจกรรมสะเต็มด้วยชิ้นขนาดเล็กและทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน | 143  |
| ช.5    | นักเรียนลงมือทำกิจกรรมสะเต็มอุปกรณ์เก็บแก๊สและทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน  | 144  |
| ช.6    | ตัวอย่างผลงานนักเรียนที่สืบค้นข้อมูลในการทำกิจกรรมสะเต็ม                  | 144  |

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

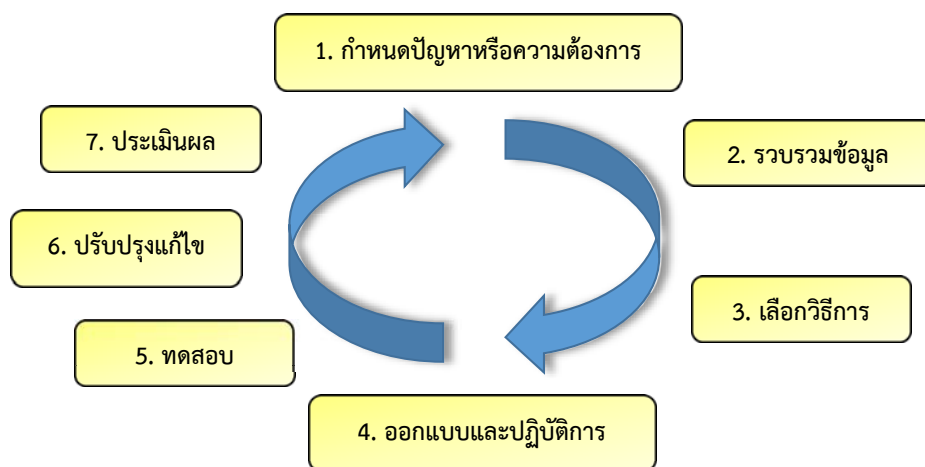
วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ในสังคมแห่งการเรียนรู้ ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และการงานอาชีพ ตลอดจนเทคโนโลยี ผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเพื่อใช้อำนวยความสะดวก สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ และศาสตร์อื่น ๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงมีการส่งเสริมให้ครูจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) ซึ่งนำมาใช้ในประเทศไทยตั้งแต่ พ.ศ. 2515 โดยผ่านกิจกรรมการสำรวจ การทดลอง เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวความคิดหลัก (concept) ทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) (ประมวล ศิริพันธ์แก้ว, 2541) ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการ และเจตคติวิทยาศาสตร์ (ศักดิ์ศรี สุภาพร, 2554) ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจ และเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตัวเอง (ธวัช ยะสุคำ, 2553; นิพนธ์ จันเลน, 2557) อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ และปานกลางให้เข้าใจมโนคติได้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในโรงเรียนนั้น เป็นการเรียนรู้ที่แยกออกจากกันอย่างอิสระ ทำให้ผู้เรียนไม่เห็นว่าวิทยาศาสตร์หรือคณิตศาสตร์นั้นมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน และขาดทักษะในการนำสิ่งที่ได้เรียนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556) ส่งผลให้ประเทศไทยยังมีขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ต่ำกว่าหลายประเทศ โดยผลจากการทดสอบความรู้โดย PISA และ TIMSS แสดงให้เห็นว่าเยาวชนไทยต่ำกว่าเยาวชนอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำ แต่ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์ และสังเคราะห์ อีกทั้งปัจจุบันไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ซึ่งในอนาคตข้างหน้าค่าแรงของไทยกำลังเพิ่มสูงขึ้น และทรัพยากรเริ่มขาดแคลนเพื่อยกระดับรายได้ให้สูงขึ้น ไทยจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะในการสร้างนวัตกรรมเป็นสิ่งที่คนรุ่นใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา รวมทั้งกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อรองรับการแข่งขันในอนาคต ซึ่งเห็นได้จากข้อมูลในปี 2554

ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน 39 ล้านคน แต่มีเพียง 3 ล้านคน ที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้ และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือกำลังคนด้านสะเต็ม (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556) จากปัญหาดังกล่าว สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงเล็งเห็นความสำคัญ และได้้นำการจัดการศึกษาแบบบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เรียกว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เข้ามาใช้ในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2556 เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะ และสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบัน และความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2557; พรทิพย์ ศิริภทราชัย, 2556) เพื่อให้ผู้เรียนมีทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิต ได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง และเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตประจำวัน เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดสิ่งใหม่ ๆ ที่เชื่อมโยงไปสู่การนำไปใช้ได้จริง ซึ่งจะสอดคล้องกับการจัดการศึกษาไทยในยุคไทยแลนด์ 4.0 คือการขับเคลื่อนประเทศด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม (พิรุณรัตน์ บุญยลิขิต, 2560) ทั้งนี้ยังช่วยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา และสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริงได้ (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556) โดยสะเต็มศึกษา (STEM Education) นั้นมีจุดเริ่มต้นเมื่อ ค.ศ. 1980 ซึ่งประเทศสหรัฐอเมริกา ประสบปัญหาเรื่อง ผลการสอบ PISA ที่ต่ำกว่าหลายประเทศ แสดงให้เห็นถึงการถดถอยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ล้าหลังกว่าประเทศอื่น และส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม รวมทั้งขาดความสนใจที่จะเข้าศึกษาต่อ และประกอบอาชีพทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีจำนวนลดลง (สุรยศ ทรัพย์ประกอบ และคณะ, 2556; Breiner et al., 2012) ดังนั้นรัฐบาลประเทศสหรัฐอเมริกา จึงมีนโยบายส่งเสริมการศึกษาโดยพัฒนาสะเต็ม ขึ้นมา โดยใน ค.ศ. 1985 สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science: AAAS) ได้สร้างโปรเจก 2061 ขึ้น เพื่อช่วย และส่งเสริมการเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีมากขึ้น จนกระทั่งใน ค.ศ. 1990 หน่วยงานทางการศึกษาต่าง ๆ รวมถึงนักเรียน นักวิจัย เจ้าของธุรกิจต่าง ๆ และอาจารย์ในมหาวิทยาลัยได้เรียกร้องให้มั่นนวัตกรรมจัดการเรียนการสอน วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี จึงได้มีการกำเนิดคำว่า SMET Education ขึ้นมาโดยหน่วยงานที่มีชื่อว่า สถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (Nation Science Foundation: NSF) ต่อมาใน ค.ศ. 2001 Judith A. Ramaley ผู้บริหารของสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งชาติ หรือ NSF ได้เปลี่ยนจากคำว่า SMET Education เป็น STEM Education (สุรยศ ทรัพย์ประกอบ และคณะ, 2556; สมเกียรติ เพ็ญทอง, 2556) ซึ่งหมายถึงการเรียนรู้ที่บูรณาการทั้งสี่สาขาวิชาเข้าไว้เป็นหนึ่ง

ศาสตร์การเรียนรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) (สุรยศ ทรัพย์ประกอบ และคณะ, 2556; ศานิกานต์ เสนิงค์, 2556; พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์, 2556; รัชพล ธานานวงศ์, 2556; มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556; อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557; อุมาพร จารุสมบัติ, 2557; สนธิ พลชัยยา, 2557; Breiner et al., 2012; O'Neil et al., 2012) เพื่อเสริมสร้างทักษะ และกระบวนการในการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาทั้งในการดำเนินชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพของนักเรียนในอนาคตสามารถเชื่อมโยงความรู้ในชั้นเรียนกับนวัตกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2555; มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556; กวิน เชื่อมกลาง, 2556; สนธิ พลชัยยา, 2557; Lantz, 2009; O' Neil et al., 2012) รวมถึงการนำไปใช้ประกอบการคิด และการตัดสินใจในการดำรงชีวิตอยู่ในสังคม ตลอดจนการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศให้มีความเจริญ ยิ่ง ๆ ขึ้นไป สะเต็มจึงให้ความสำคัญกับการเสริมสร้างความรู้ความเข้าใจ และทักษะที่จำเป็นต่อการ แก้ปัญหาต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะปัญหาเรื่องสิ่งแวดล้อม การขาดแคลนแหล่งพลังงาน การขาดแคลนทรัพยากรธรรมชาติ และการดูแลสุขภาพอนามัย ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้ด้านสะเต็ม เข้ามาช่วยแก้ปัญหา (กวิน เชื่อมกลาง, 2556) ซึ่งจะส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้ความสามารถ และมีทักษะ สมรรถนะในการดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในโลกแห่งศตวรรษที่ 21 (รัชพล ธานานวงศ์, 2556; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557)

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จะมีกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งที่ใช้กันในประเทศ สหรัฐอเมริกานั้นอาจมีหลายรูปแบบแต่ส่วนที่สำคัญนั้นจะประกอบด้วย 1) ปัญหาหรือความต้องการ 2) แนวทางการแก้ปัญหา 3) การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา และ 4) การทดสอบและประเมินผล (Standard for Technology Education by International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA) (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) แต่สำหรับการศึกษาวิชาการออกแบบ และเทคโนโลยีในประเทศไทยนั้น ได้มุ่งเน้นการปฏิบัติโดยผ่านกระบวนการเทคโนโลยี (technological process) ซึ่งเป็นกระบวนการของการวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนหรือ อาจเทียบได้กับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งมีลักษณะของวงจรการทำงาน (interactive cycle) โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556; กวิน เชื่อมกลาง, 2556) ดังนี้



ภาพที่ 1.1 วงจรกระบวนการเทคโนโลยี (Technological process)

ขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในการออกแบบวิศวกรรมศาสตร์ คือ “การเลือกวิธีในการแก้ปัญหา” โดยสะท้อนให้เห็นว่า แนวทางในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นสามารถเป็นไปได้หลากหลายวิธี แต่การที่จะได้มาซึ่งวิธีที่ดีที่สุดนั้นจำเป็นจะต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เข้าช่วย (กวิน เชื้อมงคล, 2556) จากผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (พลศักดิ์ แสงพรหมศร, 2558) อีกทั้ง ทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Dowey, 2013; กวิน เชื้อมงคล, 2556; พลศักดิ์ แสงพรหมศร, 2558) มองเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยี และวิศวกรรมสามารถนำมาใช้แก้ปัญหา และมีเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม (Tseng et al., 2013) อีกทั้งสามารถลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชา คณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น (Han et al., 2015)

เคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบ สมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสาร เนื่องจากสารรอบตัวเราล้วนมีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์ ดังนั้นการเข้าใจ การเปลี่ยนแปลงของสารย่อมนำมาซึ่งประโยชน์ในการดำรงชีวิต จึงกล่าวได้ว่าความรู้เกี่ยวกับเคมี ทำให้เราสามารถใช้สมบัติและการเปลี่ยนแปลงของสารมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในการดำรงชีวิต ในทุกด้าน แต่การนำมาใช้ประโยชน์หรือการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นไม่ได้ใช้ความรู้จากวิชาเคมี แค่วิชาเดียว จะต้องอาศัยความรู้ในหลาย ๆ ศาสตร์มาบูรณาการเพื่อใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ ทั้งนี้ มีการศึกษาผลของการที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มโดยใช้วิชาเคมีเป็นวิชาหลัก พบว่า นักเรียน มีผลสัมฤทธิ์ในวิชาเคมีเพิ่มขึ้น (พลศักดิ์ แสงพรหมศร, 2558; จำลอง อบอุ่น, 2559) แต่ยังไม่มีการศึกษาเกี่ยวกับบโนมิติวิทยาศาสตร์ว่าให้ผลอย่างไร และในวิชาเคมีนั้นมีสาระที่น่าสนใจ



ต่อการเรียนรู้ และการเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์อื่น ๆ เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวิทยาศาสตร์ ซึ่งส่วนมากเคมีจะเกี่ยวข้องกับเรื่องของนามธรรมที่มองไม่เห็น และสัมผัสไม่ได้ ทำให้นักเรียนจำนวนมากมีโมโนมิติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาเคมี (ศักดิ์ศรี สุภาพร, 2555) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นโมโนมิติหนึ่งที่สำคัญ เพราะปรากฏการณ์หลายอย่างที่พบในชีวิตประจำวันของนักเรียนเกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หากนักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐาน หรือมีโมโนมิติที่ผิด และคลาดเคลื่อนไปอาจส่งผลต่อการเรียนหรือการศึกษามโนมิติวิชาเคมีขั้นสูงต่อไปในอนาคต เช่น เรื่อง สมดุลเคมี และกรด-เบส ได้ ลำพูน สิงห์ขา (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และมโนมิติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย พบว่า นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในระดับปานกลาง และผ่านเกณฑ์ ร้อยละ 70.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดส่วนความเข้าใจโมโนมิติทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนมีความเข้าใจโมโนมิติทางวิทยาศาสตร์ในระดับสมบูรณ์ และระดับไม่สมบูรณ์สูงขึ้น และมีความเข้าใจโมโนมิติในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ระดับคลาดเคลื่อน และระดับไม่เข้าใจลดลง โดยนักเรียนมีการปรับเปลี่ยนมโนมิติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความหมาย และการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงสุด คือ ร้อยละ 76.09 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 67.40 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 56.52 พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี และอุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 50.00 ตัวเร่งตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 30.43 และพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี น้อยสุด คือ ร้อยละ 28.26 และยังมีรายงานผลการศึกษามโนมิติที่คลาดเคลื่อน ของ Gultekin Cakmakci (2010) เรื่อง จลนพลศาสตร์เคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเทศตุรกี พบว่า นักเรียนที่มีมโนมิติที่คลาดเคลื่อนมาก 2 ลำดับแรก ซึ่งตอบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะเพิ่มหรือลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์ คิดเป็นร้อยละ 65.70 และการอธิบายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดปฏิกิริยากับการดำเนินไปของปฏิกิริยา คิดเป็นร้อยละ 60.10 จะเห็นได้ว่านักเรียนจำนวนมากยังมีโมโนมิติที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งต้องได้รับการพัฒนาด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ดังนั้น ผู้วิจัยนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาใช้จัดการเรียนรู้

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก และอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สของนักเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1.2.2 เพื่อศึกษาคะแนนมโนมิติวิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1.2.3 เพื่อศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนและผิดของนักเรียนหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

### 1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก และอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สได้ โดยมีคะแนน ร้อยละ 70.00 ขึ้นไป

1.3.2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีคะแนนมโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในเกณฑ์ระดับสูง

1.3.3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีร้อยละมโนคติถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีร้อยละมโนคติที่คลาดเคลื่อน และผิดลดลง

### 1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ประชากร ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โรงเรียนกระสังพิทยาคม อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 6 ห้องเรียน รวม 224 คน

1.4.2 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โรงเรียนกระสังพิทยาคม อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 รวม 42 คน โดยการเลือกแบบเจาะจงจากประชากร

#### 1.4.3 ระยะเวลาในการดำเนินการ

เริ่มตั้งแต่วันที่ 18 พฤษภาคม 2560 ถึง 29 มิถุนายน 2560 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 ใช้ระยะเวลาทั้งหมด 13 ชั่วโมง

#### 1.4.4 เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัยเป็นเนื้อหาในรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เคมี 3 รหัสวิชา ว 32223 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

### 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 นักเรียนมีมโนคติวิทยาศาสตร์รายวิชาเคมีเพิ่มสูงขึ้น

1.5.2 นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1.5.3 เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเพิ่มความเข้าใจเชิงมโนคติ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.5.4 นักเรียนสามารถนำการเรียนรู้ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

## 1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

**1.6.1 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา** หมายถึง เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่บูรณาการหลักการและศาสตร์ความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) และคณิตศาสตร์ (Mathematic: M) เข้าด้วยกัน โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process: EDP) ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องค้นหา และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ครูหรือผู้สอนนั้นทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) โดยมุ่งเน้นการประยุกต์ความรู้ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในอนาคต

**1.6.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน** หมายถึง การประเมินผลการเรียนรู้เพื่อศึกษาพัฒนาการหรือความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain) โดยพิจารณาผลต่างระหว่างคะแนนแบบทดสอบเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ก่อนเรียนและหลังเรียน เทียบกับคะแนนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้

**1.6.3 มโนคติ (Concept)** หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตการเรียนรู้หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น นำมาประมวลผล และสร้างความเข้าใจเพื่อให้ได้เป็นข้อสรุปของตนเอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้น อาจเป็นถ้อยคำสั้น ๆ หรือเป็นประโยคที่สื่อความหมายต่าง ๆ ได้

**1.6.4 มโนติวิทยาศาสตร์ (Scientific concept: SC) หรือมโนคติถูกต้อง (Good concept: GC)** หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ถูกต้องตามทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน โดยวัดได้จากแบบทดสอบมโนคติ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบสองลำดับขั้น ซึ่งหากนักเรียนตอบถูกทั้งคำตอบที่เป็นตัวเลือก และการให้เหตุผล ถือว่านักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้อง

**1.6.5 มโนคติที่คลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก (Alternative concept: AC)** หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ถูกต้องแค่บางส่วนตามทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน โดยวัดได้จากแบบทดสอบมโนคติ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบสองลำดับขั้น ซึ่งหากนักเรียนตอบถูกแค่บางส่วน ถือว่านักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก

**1.6.6 มโนคติที่ผิด (Misconcept: MC)** หมายถึง ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน โดยวัดได้จากแบบทดสอบมโนคติ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบสองลำดับขั้น ซึ่งหากนักเรียนตอบผิดทั้งคำตอบที่เป็นตัวเลือก และการให้เหตุผล ถือว่านักเรียนมีมโนคติที่ผิด

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัย การศึกษามโนทัศน์วิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีการศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)
- 2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน
- 2.3 มโนคติ (Concept)
- 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

##### 2.1.1 ความหมายและลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มีผู้ให้ความหมาย และลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา คือ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการหลักการ และศาสตร์ความรู้ 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) โดยเน้นให้ผู้เรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงกันของแต่ละวิชาสามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง (Breiner et al. and O'Neil et al., 2012; มนตรี จุฬาววัฒนทล, ฤทัย เพลงวัฒนา, ศานิกานต์ เสนีวงศ์ และ รัชพล ธนานุวงศ์, 2556; อุมพร จารุสมบัติ, สนธิ พลชัยยา และ สุพรรณิชาญประเสริฐ, 2557) รวมทั้งการพัฒนากระบวนการผลิตใหม่ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในอนาคต (ฤทัย เพลงวัฒนา และ ศานิกานต์ เสนีวงศ์, 2556; อุมพร จารุสมบัติ และ พรณี ชาญประเสริฐ, 2557) โดยรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา และสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ (มนตรี จุฬาววัฒนทล, 2556) เน้นการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ (ฤทัย เพลงวัฒนา, 2556) โดยที่ผู้เรียนต้องค้นหา และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ครูผู้สอนเป็นผู้สนับสนุนการเรียนรู้ ให้คำแนะนำ และตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน (รัชพล ธนานุวงศ์, 2556; สนธิ พลชัยยา, 2557) มีการส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการทำงานร่วมกัน (รัชพล ธนานุวงศ์,

2556; สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2557) มีการอภิปราย วิพากษ์วิจารณ์ และนำเสนอ (รักษพล ธนานวงค์, 2556) มีการบูรณาการพฤติกรรมที่คาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหา (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2557) โดยเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่ส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ พัฒนาทักษะสำคัญของการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ทำความเข้าใจเนื้อหา แก่นหลักได้อย่างลึกซึ้ง มีทักษะการเรียนรู้ข้ามศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ พร้อมทั้งตระหนัก และ เข้าใจกระบวนการทางวิชาวิศวกรรมศาสตร์มากยิ่งขึ้น (รักษพล ธนานวงค์, 2556) โดยในประเทศไทย ไม่มีวิชาวิศวกรรมศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนั้นจึงเป็นการนำกระบวนการทางวิศวกรรม มาใช้ในการแก้ปัญหามากกว่าการเรียนรู้แบบวิศวกรรมศาสตร์อย่างเต็มรูปแบบ (ฤทัย เพลงวัฒนา, 2556) วิศวกรรมในสะเต็มศึกษาระดับโรงเรียน จึงหมายถึง การนำเอาองค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้าง ดัดแปลง ออกแบบวิธีการ หรือกระบวนการ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ส่วนเทคโนโลยี คือ ผลผลิตจากกระบวนการทางวิศวกรรม หรือสิ่งประดิษฐ์ที่ได้จากการคิดค้น (มนตรี จุฬาววัฒนพล และศานิกานต์ เสนิงค์, 2556)

จากความหมายของสะเต็มศึกษา จะเห็นได้ว่าเป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการศาสตร์ ทั้งสี่เข้าด้วยกัน โดยลักษณะการจัดการเรียนรู้ที่สนับสนุนการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีลักษณะดังนี้

#### (1) เป็นการสอนที่ใช้ปัญหาหรือโครงงานเป็นฐาน

การเรียนรู้ที่ใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) หรือการเรียนรู้ที่ใช้ ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เป็นพื้นฐานของการจัดการ เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ในแง่ของการประยุกต์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยใช้ความรู้บูรณาการจากหลาย ๆ ศาสตร์มาช่วยในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้าได้ (รักษพล ธนานวงค์, 2556; สนธิ พลชัยยา, 2557; สมชาย พัฒนาชวนชม, 2557; Diana, 2012; Tseng et al., 2013; Han et al., 2015)

#### (2) เป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่มีส่วนคล้ายกับ กระบวนการเรียนรู้ แบบสืบเสาะ (Inquiry approaches) ที่ผู้เรียนต้องค้นหา และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพื่อให้ เข้าใจเนื้อหาและแนวคิดของเรื่องที่เรียน (สนธิ พลชัยยา, 2557; สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2557) โดยผ่านการลงมือปฏิบัติหรือทดลองจริง คล้ายกับการแสวงหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ในขณะที่ครู หรือผู้สอนจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) (สนธิ พลชัยยา, 2557)

#### (3) เป็นการสอนที่บูรณาการสื่อเทคโนโลยีในการเรียนรู้

สะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้สื่อเทคโนโลยีมาช่วยในการเรียนการสอน ของผู้เรียน โดยสามารถเข้าถึงทันทีจากการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต การสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ ทำให้เนื้อหา ได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัย (พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558)

#### (4) เป็นการสอนที่มีการทำงานแบบร่วมมือ

สะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย พฤติกรรมเหล่านี้ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557) รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ (รักษพล ธนานวงศ์, 2556; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry approaches) ที่ผู้เรียนต้องค้นหา และสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) ในแง่ของการประยุกต์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ อีกทั้งการนำสื่อเทคโนโลยีต่าง ๆ และกระบวนการเทคโนโลยีมาช่วยในการค้นหาคำตอบเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งระดับการบูรณาการในสะเต็มศึกษาในชั้นเรียนนั้น สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ (Vasquez, J. A., Sneider, C. and Comer, A., 2013) ดังนี้

(1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาแยกตามรายวิชา โดยครูผู้สอนจัดการเรียนรู้ตามรายวิชาของตัวเอง

(2) การบูรณาการแบบพหุวิชา (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนทั้ง 4 สาขาวิชาร่วมกันกำหนดหัวข้อหลัก และให้ผู้เรียนได้เรียนเนื้อหาแยกกันตามหัวข้อหลักในเนื้อหาของสาขาวิชาต่าง ๆ โดยให้ความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ ด้วย

(3) การบูรณาการแบบสหวิชา (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการอย่างน้อย 2 สาขาวิชาขึ้นไปร่วมกัน โดยกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันในทุกวิชา

(4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน โดยเน้นการเชื่อมโยงความรู้ ทักษะ และประสบการณ์การเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริงได้ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีแนวทางใกล้เคียงกับการจัดการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) หรือใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based learning)

ดังได้กล่าวไปแล้วว่าสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการบูรณาการเพื่อให้ผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงความรู้ของทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน เพื่อใช้แก้ปัญหาที่พบขึ้นจริง และประกอบอาชีพในอนาคต โดยขั้นตอนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ใช้มีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันออกไป ดังแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในแต่ละขั้นตอน

| ขั้นที่ | สสวท.<br>(2557)                  | พลศักดิ์<br>(2558)             | นิตยา<br>(2559)                  | จำลอง<br>(2559)              | นุรอา-ซิกีน<br>(2560)     | ธีรภา<br>(2560)              | Levine<br>(2015)                  |
|---------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| 1       | ระบุปัญหา                        | ระบุปัญหา<br>หรือ<br>สถานการณ์ | ระบุปัญหา                        | ปัญหา<br>หรือความ<br>ต้องการ | ตั้งคำถาม                 | ระบุปัญหา                    | ให้ความรู้<br>พื้นฐาน             |
| 2       | ค้นหา<br>แนวคิด<br>ที่เกี่ยวข้อง | สืบค้นข้อมูล<br>เลือกวิธีการ   | ค้นหา<br>แนวคิด<br>ที่เกี่ยวข้อง | รวบรวม<br>ข้อมูล             | จินตนาการ<br>วิธีแก้ปัญหา | ตั้งสมมติฐาน                 | สะเต็ม<br>ผ่านกิจกรรม<br>Hands-On |
| 3       | วางแผน<br>และ<br>การพัฒนา        | ออกแบบ<br>ชิ้นงาน              | วางแผนและ<br>การพัฒนา            | เลือกวิธีการ                 | วางแผน                    | พิสูจน์<br>ทดสอบ<br>สมมติฐาน | อภิปรายและ<br>ประเมินผล           |
| 4       | ทดสอบและ<br>ประเมินผล            | ทดสอบ<br>ชิ้นงาน               | ทดสอบและ<br>ประเมินผล            | ออกแบบ<br>และ<br>ปฏิบัติการ  | สร้างสรรค์<br>ผลผลิต      | เก็บรวบรวม<br>ข้อมูล         | -                                 |
| 5       | นำเสนอ<br>ผลลัพธ์                | ประเมินผล<br>และปรับปรุง       | นำเสนอ<br>ผลลัพธ์                | ทดสอบ<br>ประสิทธิภาพ         | ปรับปรุง                  | วิเคราะห์ผล                  | -                                 |
| 6       | -                                | -                              | -                                | การปรับปรุง                  | -                         | สรุปผล                       | -                                 |
| 7       | -                                | -                              | -                                | สรุปและ<br>ขยายความรู้       | -                         | -                            | -                                 |
| 8       | -                                | -                              | -                                | ประเมินผล                    | -                         | -                            | -                                 |

จากตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) มีรูปแบบที่หลากหลาย มีลำดับขั้นตอนการดำเนินงานที่แตกต่างกัน โดยส่วนใหญ่ในขั้นที่ 1 จะเป็นการระบุปัญหาหรือสถานการณ์ แต่ส่วนที่สำคัญนั้นจะประกอบด้วย 1) ปัญหาหรือความต้องการ 2) แนวทางการแก้ปัญหา 3) การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา และ 4) การทดสอบและประเมินผล โดยในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือการแก้ปัญหาในเรื่องใดเรื่องหนึ่งนั้น มักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่องจนกว่าจะแก้ปัญหามาได้ ดังนั้นขั้นตอนเหล่านี้จะเป็นลักษณะวงจร (Cycle) ที่สามารถย้อนกลับได้

### 2.1.2 สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

การจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน และในอนาคตซึ่งครูคงต้องมีการปรับตัวพอสมควร เนื่องด้วยการเปลี่ยนแปลงทางด้านสังคมโลกปัจจุบันเป็นไปในลักษณะที่มีการสื่อสารอย่างรวดเร็ว มีการแข่งขันสูงในด้านอาชีพและเศรษฐกิจ ซึ่งส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางการศึกษา (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2557) ดังนั้นการเตรียมคนรุ่นใหม่ให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 จึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง



ทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ซึ่งมีจุดเริ่มต้นมาจากการประชุมร่วมกันของนักวิชาการหลายสาขาในประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งมีข้อสรุปร่วมกันว่า ทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21ควรมีอยู่ 3 ด้านหลัก ๆ คือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะชีวิตและการทำงาน และทักษะด้านสารสนเทศ สื่อและเทคโนโลยี โดยการปฏิรูปการศึกษาของไทยครั้งนี้พบว่ามุ่งหวังมุ่งหวังให้มีการพัฒนาให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ร่วมด้วย ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการเตรียมความพร้อมช่วยเหลือสนับสนุนครูให้มีศักยภาพเพียงพอในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการ (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2556)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการศึกษาหนึ่งที่ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบัน และความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 โดยมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย มีการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ดังนั้นจะพบว่าสะเต็มศึกษาไม่ใช่เรื่องใหม่ โดยจะมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในอนาคต ซึ่งสะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นดังนี้

(1) นักเรียนทุกคนสามารถได้รับการพัฒนาตามแนวทางสะเต็มศึกษา

เต็มศึกษาออกแบบมาเพื่อเพิ่มความเชี่ยวชาญสำหรับนักเรียนทุกคนในทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ซึ่งเท่ากับเป็นการเพิ่มจำนวนนักเรียนที่ได้รับการเตรียมความพร้อมอย่างเหมาะสมสำหรับการศึกษาต่อในระดับสูงขึ้น และเพื่องานอาชีพในศตวรรษที่ 21

(2) โรงเรียนนำสะเต็มศึกษาสู่การปฏิบัติ และนำไปจัดการเรียนรู้ในเวลาเรียนปกติได้

โรงเรียนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้สอดคล้องตามแนวทางของสะเต็มศึกษาได้หลายรูปแบบ ซึ่งอาจเป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนในกรณีที่กิจกรรมนั้นใช้เวลาไม่มาก หรือหากกิจกรรมนั้นใช้เวลามากอาจมอบหมายให้ทำนอกชั้นเรียนร่วมด้วยก็ได้ เช่น มอบหมายให้ออกแบบชิ้นงานกลุ่ม หรือในรูปของโครงงานก็ได้ โดยมีกำหนดประเด็นปัญหาหรือหัวข้อที่สามารถเชื่อมโยงสู่การบูรณาการให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาของบทเรียนตามความเหมาะสม โดยครูควรยึดเนื้อหาสาระหลักนั้นเป็นฐานในการออกแบบการจัดการเรียนการสอนที่นำไปสู่การแก้ปัญหาในสิ่งแวดล้อม สถานการณ์ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง ดังนั้น สะเต็มศึกษาสามารถจัดให้มีความเชื่อมโยงกับเนื้อหาที่มีการจัดการเรียนรู้ในชั่วโมงเรียนปกติได้ และไม่ได้เข้าไปแทนที่หรือเพิ่มเติมจนเป็นส่วนเกินของหลักสูตร ซึ่งจะกลมกลืนและมีความเหมาะสมกับการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาวิชา (สุพรรณิ ขาญประเสริฐ, 2557) โดยจะส่งเสริมให้มีการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม หรือ

โครงการที่มุ่งแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ เป็นการเรียนรู้แบบ Active learning (การเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติ) เพื่อฝึกประสบการณ์ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ (สนธิ พลชัยยา, 2557) ที่เชื่อมโยงไปสู่การนำไปใช้ได้จริง ซึ่งสอดคล้องกับ การจัดการศึกษาไทยในยุคไทยแลนด์ 4.0 คือ การขับเคลื่อนประเทศด้วยเทคโนโลยีและนวัตกรรม (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557; พิรุณรัตน์ ปุณยลิขิต, 2560)

(3) ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานในการวัด และประเมินผลอย่างเป็นรูปธรรม แต่กรอบที่ถูกนำมาใช้วัด และประเมินผลยังคงเป็นแนวความคิดหลักของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

อย่างไรก็ตามหากกระทรวงมีนโยบายให้โรงเรียนมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาอย่างชัดเจนแล้ว คงต้องมีแนวทางหรือตัวอย่างในการประเมินผลที่ชัดเจนขึ้น อย่างแน่นอน แต่ในเบื้องต้นถ้าโรงเรียนใดมีการฝึกปฏิบัติตามแนวทางของสะเต็มศึกษาอย่างแท้จริง แล้วทำให้นักเรียนมีคุณลักษณะทั้งทางทักษะ และแนวความคิดหลักต่าง ๆ ที่สามารถวัด และประเมินผลได้ ก็สามารถกำหนดเป็นแนวทางของการวัด และประเมินผลเพิ่มเติมได้

(4) สะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาหรือเพิ่มขีดความสามารถของนักเรียน

สะเต็มศึกษา นอกจากการบูรณาการด้านเนื้อหาวิชาแล้วยังได้นำหลักการ ทักษะ กระบวนการคิด การออกแบบ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลต่าง ๆ ทางวิศวกรรม มาบูรณาการร่วมด้วย ทั้งในระดับประถมศึกษาจนถึงระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะต่าง ๆ สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่หลากหลาย รวมถึงการบูรณาการกระบวนการทางวิศวกรรม และการแก้ปัญหาไปในรายวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เป็นการเชื่อมโยงหลักสูตรไปสู่โลกแห่งความเป็นจริง ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเชี่ยวชาญทางสะเต็มจะสามารถตอบคำถาม หรือแก้ปัญหาที่ซับซ้อนได้ดียิ่งขึ้น สามารถสำรวจตรวจสอบในประเด็นข้อสงสัยต่าง ๆ และพัฒนาไปสู่การแก้ปัญหาที่ทำหายหรือปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ นอกจากนี้ยังส่งผลให้นักเรียนมีคุณสมบัติของการเป็นนักคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล เป็นนักสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ และขณะเดียวกันก็เป็นผู้ที่มีความรอบรู้ทางเทคโนโลยี ทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557)

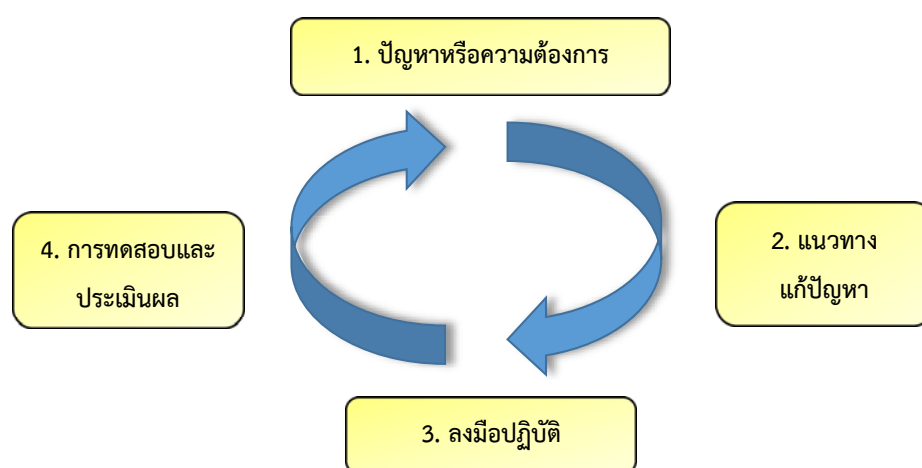
### 2.1.3 วิศวกรรมและเทคโนโลยีในสะเต็มศึกษา

#### 2.1.3.1 วิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา

วิศวกรรมศาสตร์ โดยทั่วไปแล้วจะปรากฏชัดเจนในการศึกษาระดับมหาวิทยาลัย แต่ปัจจุบันมีการนำเอาคำว่าวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานซึ่งอาจทำให้เกิดข้อสงสัยหรือเกิดความสับสนระหว่างวิศวกรรมศาสตร์ทั้งสองระดับ โดยวิศวกรรมศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนั้นจะไม่ได้มีความหมายลุ่มลึกจนทำให้ยากต่อการปฏิบัติในระดับชั้นเรียนแต่อย่างใด

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering; E) ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานนี้ หมายถึง การออกแบบ (design) วางแผน (planning) แก้ปัญหา (problem solving) การใช้ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ โดยเฉพาะวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มาประยุกต์ใช้เพื่อสร้างสรรค์ผลงาน ภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process) และเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริง (อภิสิทธิ์ ังไชย, 2556) ซึ่งกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้มีหลายรูปแบบที่ใช้ในสหรัฐอเมริกา แต่ส่วนประกอบขั้นตอนการทำงานสำคัญ 4 ขั้นตอนของกระบวนการนี้ ซึ่งกำหนดโดยสมาคมเทคโนโลยีและวิศวกรรมศึกษานานาชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA) มีดังนี้

- (1) การกำหนดปัญหา (Identifying the problem)
- (2) สร้างแนวคิด (Generating ideas) ด้วยเทคนิคการระดมสมอง เพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหา
- (3) ลงมือปฏิบัติ เพื่อสำรวจแนวคิดการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้
- (4) การทดสอบ (Test the solution) และประเมินผล (Evaluating it) เพื่อตรวจสอบ และประเมินว่าสามารถแก้ปัญหาได้หรือไม่ ทั้งนี้การทำงานจะเป็นขั้นตอนลักษณะวงจร (Cycle) ที่สามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขได้ตลอดจนกระทั่งได้แนวทางที่เหมาะสมที่สุด (Optimum) (อภิสิทธิ์ ังไชย, 2556; กฤษดา ชูสินคุณวุฒิ, 2557) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 วงจรกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

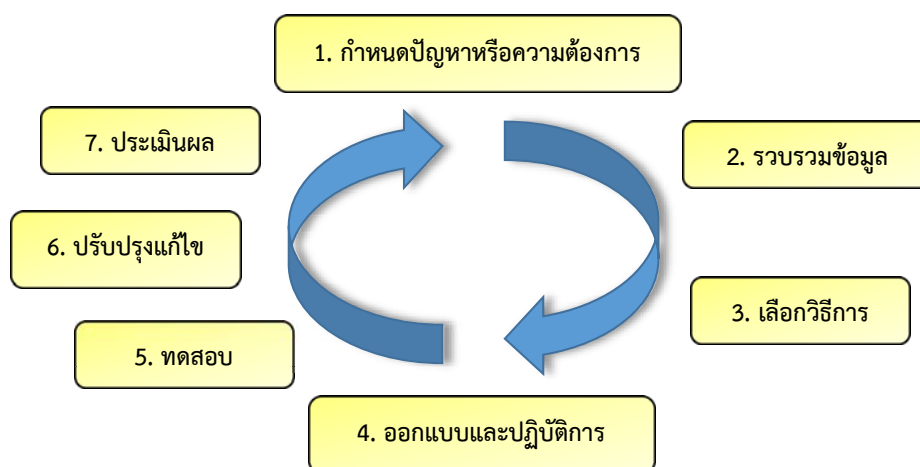
กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนี้จะคล้ายกันกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ต้องมีปัญหาหรือข้อสงสัย การตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง และการลงข้อสรุป ซึ่งจุดต่างที่สำคัญนั่นก็คือ กระบวนการทางวิศวกรรมจะออกแบบคิดค้นหาแนวทางที่หลากหลายเพื่อทดสอบ

วิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดซึ่งอาจไม่ใช่แนวทางที่ถูกต้องที่สุด โดยเน้นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้ ส่วนกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมุ่งไปที่การได้มาของคำตอบข้อสงสัย หรือองค์ความรู้ที่เป็นทฤษฎีเท่านั้น

### 2.1.3.2 เทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มศึกษา

เทคโนโลยีตามแนวทางสะเต็มมีความหมายกว้าง ๆ โดยหนังสือสมาคมวิศวกรรมของสหรัฐอเมริกา (NRC, 2001) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้ว่า ประกอบไปด้วยระบบทั้งหมดของคน และองค์กร ความรู้ กระบวนการ และเครื่องมือที่ใช้ในการสร้าง และดำเนินงานสิ่งประดิษฐ์ทางเทคโนโลยี รวมถึงตัวสิ่งประดิษฐ์ด้วย และกรอบมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับพื้นฐานของสหรัฐอเมริกา (Next Generation Science Standard, 2012) ได้ให้ความหมายของเทคโนโลยีไว้ว่า เป็นผลลัพธ์ที่เกิดจากการพัฒนาปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ แต่อย่างไรก็ตามการศึกษาด้านเทคโนโลยีในสหรัฐอเมริกานั้น มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสร้างสรรค์ และแก้ปัญหาย่อยอย่างเป็นระบบ (System thinking) ซึ่งโดยรวมแล้วจะเป็นการรวมแนวคิดของเทคโนโลยีโดยทั่วไปกับการออกแบบทางวิศวกรรมเข้าด้วยกัน โดยการศึกษาด้านวิศวกรรมจะปรากฏในระดับมหาวิทยาลัยมากกว่า ส่วนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานก็จะมีอยู่บ้าง ซึ่งจะถูกรวมไว้ในวิชาเทคโนโลยี

การศึกษาเทคโนโลยีในประเทศไทยตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดย สสวท. สาขาออกแบบและเทคโนโลยี ได้ให้ความหมายเทคโนโลยีไว้ว่า เทคโนโลยีคือการนำความรู้ ทักษะ และทรัพยากร มาสร้างสิ่งของเครื่องใช้ หรือวิธีการ โดยผ่านกระบวนการเพื่อแก้ปัญหา สอนความต้องการ หรือเพิ่มความสามารถในการทำงานของมนุษย์ โดยในหลักสูตรจะเรียกว่าสาระการออกแบบและเทคโนโลยี กลุ่มสาระการเรียนรู้การงานอาชีพ และเทคโนโลยี (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556) ซึ่ง สสวท. ได้ศึกษาและวิเคราะห์รูปแบบกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมรวมถึงเทคโนโลยี และสังเคราะห์กระบวนการดังกล่าวให้สอดคล้องกับบริบทของประเทศไทยไว้ และเรียกกระบวนการทำงานนี้ว่า กระบวนการเทคโนโลยี (Technological process) (กวิน เชื้อมงคล, 2556; กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557) ซึ่งมุ่งเน้นการปฏิบัติโดยเป็นการวางแผนการทำงานเป็นขั้นตอนหรืออาจเทียบได้กับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งสามารถนำไปจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือวิธีการได้ โดยการทำงานสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ตลอดขึ้นอยู่กับสถานการณ์ โดยกระบวนการเทคโนโลยี (Technological process) แบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556; อุปการ จีระพันธุ์, 2556; กฤษลดา ชูสินคุณาวุฒิ, 2557) ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 กระบวนการเทคโนโลยี

ขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญ คือ “การเลือกวิธีในการแก้ปัญหา” โดยสะท้อนให้เห็นว่า แนวทางในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นสามารถเป็นไปได้หลากหลายวิธี แต่การที่จะได้มาซึ่งวิธีที่ดีที่สุดนั้นจำเป็นจะต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้าช่วย (กวิณ เชื้อมกลาง, 2556) ซึ่งโดยสรุปแล้วเทคโนโลยี และวิศวกรรมมีความต่างกันอยู่บ้าง กล่าวคือ เทคโนโลยีจะเน้นผลจากการพัฒนาปรับปรุงของวิศวกรรม ส่วนวิศวกรรมจะเน้นกระบวนการทำงานหรือแก้ปัญหา โดยการศึกษาขั้นพื้นฐานในประเทศไทยนั้นจะไม่แยกออกจากกันอย่างชัดเจน แต่จะเอาแนวคิดทั้งสองศาสตร์เข้าด้วยกันแล้วบูรณาการกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ รวมเรียกว่า สะเต็ม (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2556)

## 2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียน

การประเมินผลการเรียนรู้สามารถทำได้หลากหลายวิธีซึ่งโดยทั่วไปที่นิยมใช้กัน เช่น t-test, z-test หรือแบบอื่น ๆ เพื่อเปรียบเทียบผลการเรียนของนักเรียนว่าหลังจากการเรียนรู้ด้วยวิธีการนั้น ๆ แล้วให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ แต่ไม่ได้บอกว่าผลการเรียนรู้หรือเนื้อหาแต่ละหัวข้อที่นักเรียนได้เรียนนั้นมีพัฒนาการเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด วิธีการหนึ่งที่จะสามารถประเมินผลการเรียนรู้เพื่อศึกษาพัฒนาการหรือความก้าวหน้าทางการเรียน คือวิธีที่เรียกว่า Normalized gain โดย Richard R. Hake (1998) (normalized เป็นคำศัพท์ทางควอนตัมฟิสิกส์ หมายถึง การทำให้มีโอกาสความเป็นไปได้เท่า ๆ กัน โดยมีค่าที่เป็นไปได้สูงสุดเท่ากับ 1 เท่ากัน)

Richard R. Hake ได้คำนึงถึง floor and ceiling effect คือ โอกาสที่จะได้คะแนนต่ำสุดไม่น้อยกว่าร้อยละ 0.00 และโอกาสที่จะได้คะแนนสูงสุดไม่เกินร้อยละ 100.00 โดยหาได้จากอัตราส่วนของผลการเรียนรู้ที่เพิ่มขึ้นจริง (Actual gain) ต่อผลการเรียนรู้สูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้

(Maximum possible gain) ซึ่งเป็นการ normalized ให้มีโอกาสเป็นไปได้ในช่วง 0.0-1.0 เท่ากัน โดยค่า Normalized gain จะแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ high gain ( $\langle g \rangle \geq 0.7$ ) medium gain ( $0.3 < \langle g \rangle < 0.7$ ) และ low gain ( $\langle g \rangle \leq 0.3$ ) และสามารถแบ่งประเภทของ Normalized gain ได้ดังนี้

(1) Class normalized gain คือ การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนทั้งชั้นเรียน โดยคิดจากคะแนนเฉลี่ยของทั้งชั้นเรียน (คิดจากคะแนนเฉลี่ยก่อน และหลังเรียนของทั้งชั้นเรียน)

(2) Single student normalized gain คือ การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนเป็นรายบุคคล (คิดจากคะแนนสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของนักเรียนแต่ละคน)

(3) Single test item normalized gain คือ การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของแบบทดสอบแต่ละข้อที่นักเรียนทำ (คิดจากคะแนนสอบก่อนเรียน และหลังเรียนของแบบทดสอบแต่ละข้อ)

(4) Conceptual dimensional normalized gain คือ การประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนที่ได้เรียนในเนื้อหา (Concept) ของแต่ละหัวข้อนั้น ๆ ว่าเป็นอย่างไร (คิดจากคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนของแต่ละเนื้อหา)

กล่าวโดยสรุป ความก้าวหน้าทางการเรียน (Normalized gain) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้เพื่อศึกษาพัฒนาการหรือความก้าวหน้าทางการเรียน โดยพิจารณาผลต่างระหว่างคะแนนสอบก่อนเรียน และหลังเรียนเทียบกับคะแนนสูงสุดที่มีโอกาสเพิ่มขึ้นได้

## 2.3 มโนคติ (Concept)

### 2.3.1 ความหมายของมโนคติ (Concept)

มโนคติ หรือแนวความคิดนั้นเป็นพื้นฐานในการคิดของมนุษย์ และเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการสื่อความหมายต่อกัน การแก้ปัญหา การตัดสินใจต่าง ๆ ซึ่งมีความสำคัญสำหรับการดำรงชีวิตอย่างมาก โดยมโนคติ (Concept) หมายถึง แนวความคิด มโนทัศน์ ความรู้สึกลึกซึ้ง การเห็นภาพความคิด ความเข้าใจ หรือสัญลักษณ์เชิงความคิดทั่วไป เกี่ยวกับสถานการณ์ต่าง ๆ ประสบการณ์การเรียนรู้ (Good, 1973; ไชยา พรหมโส, 2558) หรือจากการสังเกตสิ่งที่พบเจอจากเรื่องใดเรื่องหนึ่งนำมาประมวลผลเป็นข้อสรุปความเข้าใจของตนเอง เพื่ออธิบายปรากฏการณ์เหล่านั้น โดยข้อสรุปนั้นอาจเป็นถ้อยคำสั้น ๆ หรือเป็นประโยคที่สื่อความหมายต่าง ๆ ได้ (Good, 1973; สุวิมล เขี้ยวแก้ว, 2540; ไชยา พรหมโส, 2558; ญัฐริกา ผายเมืองสูง, 2559; จำลอง อบอุ่น, 2559)

กล่าวโดยสรุป มโนคติ คือ ความคิด ความเข้าใจที่มีต่อสิ่งเร้าต่าง ๆ หรือสถานการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น นำมาประมวลผล และสร้างความเข้าใจเพื่อให้ได้เป็นข้อสรุปของตนเอง

### 2.3.2 ความหมายของมโนมติวิทยาศาสตร์ (Scientific concept)

มโนมติวิทยาศาสตร์ เป็นมโนมติที่เกิดจากข้อเท็จจริง โดยข้อมูลต่าง ๆ จะเน้นหนักในเชิงปริมาณ นั่นคือข้อมูลจากการทดลอง หรืออาจเกิดจากจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ที่ได้จากผลการทดลอง เช่น มโนมติเกี่ยวกับวิวัฒนาการของแบบจำลองอะตอม เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด (ผดุงยศ ดวงมาลา, 2523; คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนการผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์, 2525; ไชยา พรหมโส, 2558; จำลอง อบอุ้น, 2559) โดยมโนมติวิทยาศาสตร์ (Scientific conception) หมายถึง ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เป็นข้อสรุปร่วมกันของนักวิทยาศาสตร์ (ศรีนภา ภาควงมณี, 2554; เสาวนีย์ สังฆะซี, 2555) ซึ่งมโนมติทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละบุคคลมีความแตกต่างกันออกไปตามประสบการณ์การเรียนรู้ของบุคคลนั้น (ณัฐริกา ผายเมืองสูง, 2559)

กล่าวโดยสรุป มโนมติทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เป็นข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งข้อมูลความคิดเหล่านั้นเกิดจากข้อเท็จจริง โดยเน้นหนักในเชิงปริมาณจากการทดลอง หรือเกิดจากจินตนาการของนักวิทยาศาสตร์ที่มาจากผลการทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด

### 2.3.3 มโนมติที่คลาดเคลื่อน (Alternative concept)

มโนมติที่คลาดเคลื่อน หมายถึง แนวคิดหรือความเข้าใจที่ขัดแย้งซึ่งไม่สอดคล้องกับทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน (Clement, J., 1993; ณัฐริกา ผายเมืองสูง, 2559; จำลอง อบอุ้น, 2559) กล่าวคือ เป็นแนวความคิดที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง จากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้นั้น ๆ (เสาวนีย์ สังฆะซี, 2555) แต่ความรู้ความเข้าใจที่สร้างขึ้นไม่ถูกต้อง หรือเกิดความเข้าใจที่ไม่สมบูรณ์ แปลความหมายต่างไปจากเดิม มีเหตุผลไม่เพียงพอ สับสน หรือคลุมเครือ แตกต่างจากแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์จะยอมรับได้ ซึ่งต้องได้รับการแก้ไขให้ถูกต้อง (เสาวนีย์ สังฆะซี, 2555; พนิดา กันยะกาญจน์, 2556; ไชยา พรหมโส, 2558)

กล่าวโดยสรุป มโนมติที่คลาดเคลื่อน คือ แนวคิด ความเข้าใจ ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์จากการเรียนรู้นั้น ๆ ที่ไม่สอดคล้องกับทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ เกิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง หรือเกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือไม่สมบูรณ์

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะเน้นการนำองค์ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้นั้นไปใช้ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบ

อาชีพในอนาคต (ฤทัย เพลงวัฒนา และसानิกานต์ เสนีวงศ์, 2556; อุมาพร จารุสมบัติ และพรณี ชาญประเสริฐ, 2557) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Han et al. (2015) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐานว่ามีผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไร ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ สามารถลดช่องว่างระหว่างผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลงได้อีกด้วย สอดคล้องกับ Diana (2012) ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยให้นักเรียนทำโครงงานในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนมีผลการทดสอบในรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น และนักเรียนสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในอนาคตได้ อีกทั้งยังเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้เพิ่มขึ้นอีกด้วย และจากการศึกษาเจตคติต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาผ่านการเรียนรู้แบบโครงงาน โดยเครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์ของ Tseng และคณะ (2013) ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญจากการสัมภาษณ์ เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของสะเต็ม คือ ความรู้ ทักษะและประสบการณ์ทางด้านสะเต็ม จะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถนำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น แสดงให้เห็นถึงความหมายของการเรียนรู้ และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสะเต็ม ในภาพภาคหน้าเพิ่มขึ้นด้วย

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ให้สูงขึ้น มีอัตราการเพิ่มสูงขึ้นในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ ช่วยลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น ทำให้มองเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยีและวิศวกรรมสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาต่าง ๆ มีเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพในสาขาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในอนาคตได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะ และสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบัน และความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21

#### 2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในรายวิชาเคมี

การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยใช้เนื้อหาวิทยาศาสตร์เคมีเป็นหลัการบูรณาการร่วมกับวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ตามความเหมาะสมนั้น มีงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ดังนี้



พลศักดิ์ แสงพรมสร (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อออกแบบชิ้นงานผ่าน 5 ขั้นตอนย่อยคือ 1) ระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) รวบรวมสืบค้นข้อมูล และเลือกวิธีการแก้ปัญหา 3) ออกแบบชิ้นงาน 4) ทดสอบชิ้นงาน และ 5) ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขชิ้นงาน ส่วนตอนที่ 2 ใช้ความรู้ด้านคณิตศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมาใช้สืบเสาะ คำนวณ และหาคำตอบเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และแก้ปัญหาภายใต้เงื่อนไขในสถานการณ์ที่กำหนดได้

เกศินี อินตา และคณะ (2558) ได้ศึกษาการสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง มหัตศรรย์ยางพารา ในรายวิชาเคมีพื้นฐานของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้ความรู้ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี และ เรื่อง พอลิเมอร์มาบูรณาการเกี่ยวกับยางพารา โดยใช้แนวการสอนสะเต็ม กับการพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 แบ่งออกเป็น 2 กิจกรรม ได้แก่ 1) สูตรทำยางแผ่น 2) ถูยางบรรทุกน้ำ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 มีทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.62 โดยนักเรียนมีความพึงพอใจเมื่อได้เรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.31 ทั้งนี้เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้เน้นให้นักเรียนนำองค์ความรู้ทั้ง 4 วิชามาบูรณาการในการออกแบบนวัตกรรมใหม่ เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด โดยมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น และนำเสนอแนวคิดในการออกแบบนวัตกรรม ซึ่งแต่ละกลุ่มออกแบบนวัตกรรมที่ต่างกันอย่างสร้างสรรค์ของแต่ละกลุ่ม เน้นการให้อิสระในการคิด ทำให้นักเรียนทำงานร่วมกันอย่างมีความสุข และแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่เผชิญได้

ดารารัตน์ ชัยพิลา และคณะ (2559) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education 3 แผน ได้แก่ แผนที่ 1 ขยะอิเล็กทรอนิกส์ (ชิ้นงานที่ได้คือ ของใช้จากขยะอิเล็กทรอนิกส์) แผนที่ 2 กองขยะส่งกลิ่นเหม็น (ชิ้นงานที่ได้คือ วัสดุดับกลิ่น) แผนที่ 3 สนิมเหล็ก (ชิ้นงานที่ได้คือ สารกำจัดสนิมเหล็ก) ซึ่งกระบวนการจัดการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน คือ 1) ค้นหาปัญหาและข้อสงสัย 2) วางแผนและออกแบบ 3) สร้างชิ้นงานและลงมือปฏิบัติ 4) สรุปและประเมินผลชิ้นงาน 5) เขียนรายงาน 6) นำเสนอโครงงาน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียน

ร้อยละ 88.35 ซึ่งอยู่ในระดับดี เนื่องจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และมีกระบวนการทำงานเป็นระบบ ขั้นตอนด้วยการทำโครงการ โดยใช้ความรู้ทั้ง 4 วิชามาใช้แก้ปัญหา มีความสามารถแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ใช้ความรู้ของแต่ละคนได้อย่างเต็มความสามารถ

นิตยา ภูผาบาง (2559) ได้ศึกษาผลการใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพ จากแป้งมันสำปะหลัง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ผ่าน 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 เรื่อง ถูงเพาะข้าวกล้าไม้จากพลาสติกชีวภาพ กิจกรรมที่ 2 เรื่อง การพัฒนาสูตรถูงเพาะข้าวกล้าไม้จากพลาสติกชีวภาพ ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา (Identify a challenge) 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) 3) การวางแผนและการพัฒนา (Plan and develop) 4) การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluation ) 5) นำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงขึ้น โดยนักเรียนมีคะแนนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการในกิจกรรมที่ 2 ( $X = 1.78$ ,  $SD = 0.42$ , ร้อยละ 89.00) สูงกว่ากิจกรรมที่ 1 ( $X = 1.36$ ,  $SD = 0.43$ , ร้อยละ 68.00) ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมสะเต็มได้นำวิชาอื่น ๆ ของสะเต็ม (STEM) มาบูรณาการกับโครงการวิทยาศาสตร์ เปิดเรื่องด้วยสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ใช้กระบวนการกลุ่ม เกิดการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างกัน สร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเอง และเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้นักเรียนเข้าใจสาระ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น นำไปสู่การประยุกต์ใช้องค์ความรู้เพื่อแก้ปัญหาต่าง ๆ หรือสร้างสรรค์ผลงานออกมาได้

จำลอง อบอุ่น (2559) ที่ศึกษาการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านกิจกรรมสะเต็ม เรื่อง ถูงประคบร้อนและถูงประคบเย็น ซึ่งออกแบบกิจกรรมจากง่ายไปหายาก โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้สะเต็ม แบ่งเป็น 2 ตอน ตอนที่ 1 คือ ขั้นก่อนทำกิจกรรมสะเต็ม เป็นการเตรียมความพร้อม และปรับพื้นฐานของนักเรียนเพื่อเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหา ตอนที่ 2 ขั้นทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ 1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ 2) รวบรวมข้อมูล 3) เลือกวิธีการ 4) ออกแบบและปฏิบัติการ 5) ทดสอบประสิทธิภาพ 6) การปรับปรุง 7) ขันสรุปและขยายความรู้ 8) ประเมินผล ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น โดยวัดความคงทนของความรู้จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับคะแนนวันระยะ 2 สัปดาห์ หลังเรียนเสร็จ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และวัดความ

พึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และปัญหาเป็นฐานเป็นวิธีการสอนหลัก บูรณาการกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีมาแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ และเงื่อนไขที่กำหนดให้ ทำให้นักเรียนทุกคนได้มีบทบาท และมีส่วนร่วมเท่าเทียมกัน คนเก่งช่วยเหลือคนที่อ่อนกว่า สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ในแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้

อนิธาร์ รัชเวทย์ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งใช้แผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 8 แผน โดยแผนที่ 1-7 เป็นการให้ความรู้เรื่องการแยกสาร (วิทยาศาสตร์) ส่วนแผนที่ 8 เป็นกิจกรรมสะเต็ม เรื่อง มาแยกสารกันเถอะ ซึ่งเป็นการประมวลความรู้เพื่อแก้ปัญหาโดยให้นักเรียนทดลองแยกสารจากสถานการณ์ที่กำหนด มีการออกแบบการทดลองโดยเลือกใช้อุปกรณ์ที่จำเป็น (วิศวกรรม) ในราคางบประมาณที่กำหนด (คณิตศาสตร์) และมีการปรับปรุงแก้ไขนวัตกรรมที่สร้างขึ้น (เทคโนโลยี) ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยคะแนนร้อยละ 2.00 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 โดยมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมซึ่งประเมิน 3 ด้าน คือ 1) การคิดเชิงวิพากษ์ และการแก้ปัญหา 2) การสื่อสารและการมีส่วนร่วม 3) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.62 ซึ่งอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมสะเต็มมีรูปแบบที่เน้นการนำองค์ความรู้ที่เรียนมาบูรณาการในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ และมีความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบนวัตกรรมที่แตกต่างกันของแต่ละกลุ่ม อีกทั้งส่งเสริมการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม และการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นในการออกแบบนวัตกรรม ส่งผลให้นักเรียนทำงานร่วมกันอย่างมีความสุข

นุรอาซีกิน สาและ และคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องแบบจำลองอะตอม โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิศวกรรม 5 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นตั้งคำถาม (ask) 2) ขั้นจินตนาการวิธีแก้ปัญหา (imagine) 3) ขั้นวางแผน (plan) 4) ขั้นสร้างสรรค์ผลผลิต (create) 5) ขั้นปรับปรุง (improve) ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.71) สูงกว่าก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.10) โดยมีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูงคิดเป็นร้อยละ 47.62 มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังเรียน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 33.24) สูงกว่าก่อนเรียน (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.67) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงขึ้นในระดับดีและการคิดวิเคราะห์ในระดับค่อนข้างดี อีกทั้งนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาในระดับมาก ทั้งนี้เป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนการทำงานร่วมกัน และเป็นผู้ลงมือปฏิบัติจริงผู้เรียนเรียนแล้วมีความสุข เกิดการเรียนรู้ที่มองเห็นเป็นรูปธรรมได้

ชัดเจนขึ้น มีอิสระในการแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ ฝึกให้รู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม สร้างทักษะ การหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ สามารถนำองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการ เพื่อแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริงได้

ธีรภา ไชยเดช (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการ จัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ และ ผลิตภัณฑ์ โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้แบ่งเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหา 2) ตั้งสมมุติฐาน 3) พิสูจน์ทดสอบสมมุติฐาน 4) เก็บรวบรวมข้อมูล 5) วิเคราะห์ผล 6) สรุปผล ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหา แบบร่วมมือของนักเรียนได้ โดยนักเรียนร้อยละ 95.80 มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ใน ระดับสูงหลังจากการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกฝน กระบวนการคิด และการแก้ปัญหายังเป็นระบบ ส่งเสริมให้สามารถสื่อสารกันเพื่อสร้างความเข้าใจ ในปัญหาหรือข้อมูลต่าง ๆ ร่วมกัน สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองจากการสืบค้นหรือการลงมือ ปฏิบัติแล้วนำองค์ความรู้เหล่านั้นมาบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อใช้ในการวางแผน การออกแบบ การเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด และแก้ปัญหายภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดได้

Burrows, A. and et al. (2014) ได้จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง การผลิต เชื้อเพลิงไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยครูเคมีและครูชีววิทยา ได้ดำเนินการสร้างบทเรียนไบโอดีเซลร่วมกัน ซึ่งในวิชาชีววิทยาจะเน้นเรื่อง ชีวเคมีสาหร่าย (biochemistry algae) ส่วนวิชาเคมีเน้นเรื่อง ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Trans esterification) ใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในการออกแบบกระบวนการผลิตไบโอดีเซลให้ได้ปริมาณ มากที่สุด ใช้วัตถุดิบน้อยที่สุด และราคาถูกที่สุด โดยเน้นการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) ร่วมกับการบูรณาการสะเต็ม ซึ่งในห้องเรียนชีววิทยา ใช้เวลาจัดการเรียนรู้ 7 วัน คือ วันที่ 1 ทบทวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของสาหร่าย วันที่ 2-5 บันทึกรูปภาพปริมาณออกซิเจนที่ละลาย ในแต่ละหลอดทดลอง อภิปรายข้อดีข้อเสียของไบโอดีเซล วันที่ 6-7 วิเคราะห์และนำเสนอผล การทดลอง ส่วนในห้องเรียนเคมี ใช้เวลาจัดการเรียนรู้ 4 วัน คือ วันที่ 1 ไทเทรตหาปริมาณ โซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ต้องใช้ วันที่ 2 เตรียมไบโอดีเซล วันที่ 3 ล้างไบโอดีเซล วันที่ 4 อภิปรายขั้นตอน ที่ดีที่สุดสำหรับการทำไบโอดีเซล และทดสอบประสิทธิภาพของไบโอดีเซล ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีทักษะในวิชาสะเต็ม และเจตคติที่ดีขึ้น ส่งเสริมการมีส่วนร่วม สร้างแรงจูงใจ และสามารถ ประยุกต์ใช้กับปัญหาในโลกแห่งความเป็นจริงได้ โดยพิจารณาจากการตอบคำถามของนักเรียน ในห้องเรียน แบบบันทึกหลังแผนการสอนของครู และผลงานของนักเรียนในกิจกรรมการผลิต เชื้อเพลิงไบโอดีเซล

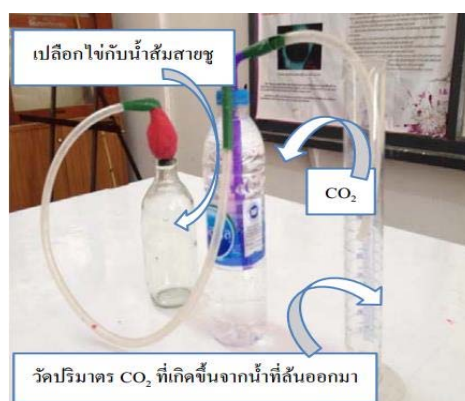
Levine, M. and et al. (2015) ซึ่งได้จัดค่ายเคมีสำหรับนักเรียนหญิงในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น บูรณาการสะเต็มศึกษาโดยใช้กิจกรรม Hands-On Activities มีเป้าหมายเพื่อให้ความรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์ในชีวิตประจำวันผ่าน Hands-On Activities และกระตุ้นให้เกิดความสนใจในเรื่องสะเต็ม กิจกรรมในค่าย 11 กิจกรรม ได้แก่ 1) พอลิเมอร์ในชีวิตประจำวัน 2) การสืบสวนทางนิติวิทยาศาสตร์ด้วยลิปสติก 3) ลาวาแลมป์ (Lava Lamp Construction) 4) สแควร์ บับเบิล (Square Bubbles) 5) การล้างคราบน้ำมัน 6) แมงกะพรุนในขวดน้ำ 7) เดินบนแป้งข้าวโพด 8) การทำ pH paper 9) เมนทอสกับน้ำอัดลม 10) ของไหลแบบนอนนิวโตเนียน (Non-Newtonian Fluids) 11) เสื่อมด้อย้อม โดยแต่ละกิจกรรมจะมีกระบวนการเรียนรู้ คือ 1) ให้ความรู้พื้นฐาน 2) สะเต็มผ่านกิจกรรม Hands-On Activities และ 3) อภิปรายและประเมินผล โดยผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีทัศนคติที่ดีขึ้นต่อการเรียนรู้สะเต็มผ่านกิจกรรม Hands-On Activities โดยทัศนคติส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าวิทยาศาสตร์สามารถช่วยในการตัดสินใจในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันได้ และนักเรียนมีความสนใจในการใฝ่หาอาชีพสะเต็มเพิ่มมากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์เคมี พบว่า สามารถเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม สมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือ ความพึงพอใจ ความเข้าใจโมเดล มีเจตคติที่ดีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ และนักเรียนมีความสนใจในการใฝ่หาอาชีพสะเต็มเพิ่มมากขึ้น โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็ม นั้นจะใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีในการออกแบบชิ้นงานหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยบูรณาการความรู้ร่วมกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจะเน้นการนำหลักการ แนวคิด และทักษะของแต่ละสาขาวิชาไปเชื่อมโยงและประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ที่มีความก้าวหน้า และการเปลี่ยนแปลงทางสังคมอย่างรวดเร็ว ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาพัฒนาการออกแบบชิ้นงานสะเต็ม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการแก้ปัญหา และความเข้าใจโมเดลวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

#### 2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นการศึกษาพัฒนาการทางการเรียนของผู้เรียนว่ามีพัฒนาการเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด (Hake, R. R., 1998) โดยจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องของกมลทิพย์ บริบูรณ์ และ ดร.กานต์ตระกูล วุฒิสเลา (2558) ที่ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบสาธิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียนอยู่ในระดับสูง ( $<g> = 0.70$ ) ความก้าวหน้าแบบรายบุคคลอยู่ในช่วง 0.28 - 0.95

(ระดับสูง ร้อยละ 46.67, ระดับปานกลาง ร้อยละ 50, ระดับต่ำ ร้อยละ 3.33) และความก้าวหน้าแบบรายเนื้อหาอยู่ในระดับสูง ( $<g> = 0.79$ ) คือ เรื่อง ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยา ส่วนเนื้อหาอื่น ๆ อยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนมีความพึงพอใจระดับมากที่สุดต่อเทคนิคการสอนแบบสาธิต (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.54) โดยกิจกรรมการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นเตรียม 2) ขั้นสาธิต 3) ขั้นสรุปผล และ 4) ขั้นประเมินผล ซึ่งทุกกิจกรรมในขั้นสาธิตจะใช้อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย สามารถประดิษฐ์ได้เอง ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 ชุดอุปกรณ์สาธิตการทดลอง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จากภาพที่ 2.3 ชุดอุปกรณ์แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ 1) ส่วนทำปฏิกิริยา ใช้ขวดโซดา 2) ส่วนท่อนำแก๊ส ใช้สายยางใสขนาดเล็ก และ 3) ส่วนวัดปริมาตรแก๊ส ใช้กระบอกตวง การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของแก๊สที่เกิดขึ้นในอุปกรณ์นี้ ใช้หลักการแรงดันของแก๊สผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นไปทำให้น้ำที่อยู่ในขวดน้ำดื่มไหลออกมาใส่กระบอกตวง ซึ่งสามารถวัดอัตราการเกิดแก๊สจากปริมาตรของน้ำที่ล้นออกมา และจากการศึกษางานวิจัยของวิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาพร (2556) โดยศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน จำแนกตามระดับทักษะความรู้ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์โดยแทรกกิจกรรมทำนาย-สังเกต-อธิบาย (POE) ในขั้นสร้างความสนใจพบว่า นักเรียนกลุ่มเก่ง ปานกลาง และอ่อน มีร้อยละความก้าวหน้าเท่ากับ 40.06, 46.45 และ 38.50 ตามลำดับ โดยมีร้อยละความก้าวหน้ามากที่สุด เรื่อง การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ร้อยละ 51.75) และมีร้อยละความก้าวหน้าต่ำที่สุด เรื่อง พลังงานกับการดำเนินของปฏิกิริยา และทฤษฎีการชน (ร้อยละ 38.74) เมื่อจำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามทักษะความรู้ พบว่า นักเรียนมีร้อยละความก้าวหน้ามากที่สุดในทักษะการวิเคราะห์ การประเมินค่า และการสร้างสรรค์ (ร้อยละ 45.70) โดยมีร้อยละความก้าวหน้าต่ำสุดในทักษะการนำไปใช้ (ร้อยละ 36.50) ทั้งนี้ นักเรียนกลุ่มอ่อนจะมีความก้าวหน้ามากขึ้นในระดับทักษะความรู้ระดับต้น คือ ขั้นความเข้าใจ เนื่องจากการ

พัฒนาทักษะจะต้องเริ่มจากระดับความเข้าใจก่อนจึงจะพัฒนาไปสู่ขั้นที่สูงขึ้นได้ ส่วนนักเรียนในกลุ่มเก่ง และกลุ่มปานกลางจะมีความก้าวหน้ามากที่สุดในระดับการวิเคราะห์ เนื่องจากนักเรียนมีพื้นฐานในระดับความเข้าใจมาแล้ว ทำให้พัฒนาไปในระดับที่สูงขึ้น คือ ขั้นการวิเคราะห์ แต่อย่างไรก็ตามความรู้ในระดับการนำไปประยุกต์ใช้ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มจะน้อยที่สุด ดังนั้น การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ควรเน้นให้นักเรียนนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริงมากขึ้น อาจนำประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมมาเป็นหัวข้อในการศึกษาเพื่อหาวิธีแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หรือจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสืบเสาะความรู้แบบปลายเปิดในรูปแบบของโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) ซึ่งเน้นการประยุกต์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบสาธิต โดยใช้อุปกรณ์ที่ทำได้ง่ายสามารถประดิษฐ์ได้เอง รวมถึงการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ร่วมกับกิจกรรม POE นั้นสามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงขึ้นได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำแนวคิดการสร้างนวัตกรรมหรือชิ้นงาน สะเต็มจากอุปกรณ์อย่างง่าย และจากผลวิจัยของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ พบว่า ส่งผลต่อความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับการประยุกต์ใช้น้อยที่สุด ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะนำการเรียนรู้แบบสะเต็ม ซึ่งเน้นการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง มาใช้พัฒนาความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียน

#### 2.4.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เคมีเป็นวิชาหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับเรื่องของนามธรรมที่มองไม่เห็น และสัมผัสไม่ได้ ทำให้นักเรียนจำนวนมากมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (Alternative concept) เกี่ยวกับวิชาเคมี (ศักดิ์ศรี สุภาธร, 2555; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) ทั้งนี้อาจมีสาเหตุมาจากภาษาหรือคำศัพท์ที่ใช้ในบริบทของนักเคมีที่นักเรียนไม่คุ้นเคย และไม่เข้าใจคำศัพท์นั้น นักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานมาก่อน การนำความรู้มาประยุกต์ใช้โดยอาศัยความจำมากกว่าความเข้าใจ การทับซ้อนของมโนคติที่คล้ายกัน เป็นต้น ดังนั้นในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีจึงต้องอาศัยแบบจำลอง การใช้สัญลักษณ์ต่าง ๆ รวมถึงมีการทดลองเข้ามาช่วยในการเรียนรู้วิชาเคมี (Sirhan, G., 2007; ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2551) ซึ่งสอดคล้องกับลำพูน สิงห์ชา (2555) ที่ได้ศึกษามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ในระดับสมบูรณ์และระดับไม่สมบูรณ์สูงขึ้น และมีความเข้าใจมโนคติในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ระดับคลาดเคลื่อนและระดับไม่เข้าใจลดลง โดยนักเรียนมีการปรับเปลี่ยนมโนคติทางวิทยาศาสตร์สูงสุด เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 76.09 และมีการปรับเปลี่ยนมโนคติทางวิทยาศาสตร์น้อยที่สุด 2 ลำดับแรก เรื่อง ตัวเร่งตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 30.43 และพื้นที่ผิวของ

สารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 28.26 ซึ่งสอดคล้องกับ จำลอง อบอุ่น (2559) ที่ศึกษามโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีมโนคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific conception) สูงสุดในเนื้อหา เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 63.64 ซึ่งเป็นผลจากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดทักษะ และจดจำองค์ความรู้ได้ยาวนาน ส่วนมโนคติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน (Alternative conception) มากที่สุด 2 ลำดับแรก คือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 63.33 และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 61.33 และเนื้อหาที่มีมโนคติคลาดเคลื่อน (Misconception) มากที่สุด คือ ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน คิดเป็นร้อยละ 26.25 โดยผลจากการสัมภาษณ์แบบไม่มีโครงสร้างกับนักเรียน 30 คน พบว่า นักเรียนเจอรูปแบบของข้อสอบที่แปลกใหม่ โดยในสถานการณ์ให้เหตุผลนั้น นักเรียนยังไม่สามารถเขียนได้ถูกต้องเกี่ยวกับการเคมีรวมถึงการระบุสถานะของสารในสมการ และจากการศึกษาแนวคิด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของจินดา พราหมณ์ชู เอกรัตน์ ศรีตัญญ และลัดดา มีสุข (2553) โดยใช้บริบทเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจถูกต้องเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้น ซึ่งจำนวนนักเรียนที่มีความเข้าใจถูกต้องหลังเรียนเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 66.57 โดยเนื้อหาที่มีความเข้าใจถูกต้องมากที่สุด คือ พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา แต่ยังมีนักเรียนที่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนในเรื่องการเกิดปฏิกิริยา การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ส่วนเนื้อหาที่มีความเข้าใจถูกต้องน้อยที่สุดคือ กลไกของปฏิกิริยา โดยมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนหรือไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสารมัธยันต์ในปฏิกิริยาเคมี และยังมีรายงานผลการศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน (Alternative conception) ของ Gultekin Cakmakci (2010) เรื่อง จลนพลศาสตร์เคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเทศตุรกี พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องต่าง ๆ ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ร้อยละมโนคติคลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง จลนพลศาสตร์เคมี

| มโนคติคลาดเคลื่อนของนักเรียน                                                                 | ร้อยละ |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. นักเรียนไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่าง "อัตราการเกิดปฏิกิริยา" กับ "เวลาการเกิดปฏิกิริยา" | 32.4   |
| 2. การอธิบายการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดปฏิกิริยาเป็นการดำเนินไปของปฏิกิริยา                   | 60.1   |
| 3. การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในปฏิกิริยาแบบคายความร้อน       | 4.6    |
| 4. การเพิ่มอุณหภูมิในปฏิกิริยาคายความร้อนจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง                    | 5.5    |
| 5. ปฏิกิริยาคายความร้อนเกิดเร็วกว่าปฏิกิริยาดูดความร้อน                                      | 31.4   |
| 6. ปฏิกิริยาดูดความร้อนเกิดเร็วกว่าปฏิกิริยาคายความร้อน                                      | 14.8   |



ตารางที่ 2.2 ร้อยละมโนคติคลาดเคลื่อนของนักเรียน เรื่อง จลนพลศาสตร์เคมี (ต่อ)

| มโนคติคลาดเคลื่อนของนักเรียน                                                                           | ร้อยละ |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 7. พลังงานก่อกัมมันต์ คือ พลังงานจลน์ของโมเลกุลสารตั้งต้น                                              | 15.7   |
| 8. พลังงานก่อกัมมันต์ คือ ปริมาณของพลังงานทั้งหมดที่ปล่อยออกมาในการเกิดปฏิกิริยา                       | 21.3   |
| 9. การเติมตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ได้ปริมาณของสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น                                       | 23.1   |
| 10. ตัวเร่งปฏิกิริยาไม่มีผลต่อกลไกในการเกิดปฏิกิริยา                                                   | 55.5   |
| 11. การเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นเริ่มต้นของสารตั้งต้นจะเพิ่มหรือลดอัตรา<br>การเกิดปฏิกิริยาลำดับที่ศูนย์ | 65.7   |

ที่มา: Cakmakci (2010)

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา และการใช้บริบทเป็นฐาน สามารถทำให้นักเรียนมีความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้น โดยมีความเข้าใจมโนคติคลาดเคลื่อนบางส่วน และมโนคติคลาดเคลื่อนลดลง จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่า นักเรียนจำนวนหนึ่งยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนบางส่วน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน โดยมีมโนคติคลาดเคลื่อนมากที่สุด 2 ลำดับแรก ซึ่งตอบว่า การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะเพิ่มหรือลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์ คิดเป็นร้อยละ 65.70 และการอธิบายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดปฏิกิริยากับการดำเนินไปของปฏิกิริยา คิดเป็นร้อยละ 60.10 โดยมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนไปในหลาย ๆ เนื้อหา ซึ่งต้องได้รับการพัฒนาด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการพัฒนาปรับปรุงแก้ไข และส่งเสริมมโนคติที่ถูกต้อง

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเพื่อศึกษาการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก และอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส มโนมติวิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าทางการเรียน มโนมติตลาดเคลื่อน และผัดก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 3.1 แบบแผนการวิจัย
- 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล
- 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

#### 3.1 แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบกึ่งทดลอง ใช้รูปแบบการวิจัยเป็นแบบกลุ่มตัวอย่างเดียวมีการทดสอบก่อนและหลังเรียน (One-group pretest and posttest design) ซึ่งมีรูปแบบดังนี้

$$O_1 \text{ ----- } X \text{ ----- } O_2$$

โดย  $O_1$  คือ การทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

$O_2$  คือ การทดสอบหลังเรียน (Posttest)

$X$  คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

#### 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 3.2.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนกระสังพิทยาคม อำเภอกะสัง จังหวัดบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 6 ห้องเรียน รวม 224 คน

### 3.2.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้คือเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 แผนการเรียน วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนกระสังพิทยาคม อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 รวม 42 คน โดยการเลือกแบบเจาะจงจากประชากร

## 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### 3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 2 แผน รวมเวลา 13 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียดกิจกรรมดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 กิจกรรมการเรียนรู้หลักในแผนการจัดการเรียนรู้

| แผนที่ | เรื่อง                                                            | กิจกรรมการเรียนรู้หลัก                 | จำนวน ชั่วโมง |
|--------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------|
| 1      | แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี                               | - กิจกรรมที่ 1.1 ตู้น้ำขนาดเล็ก        | 5             |
| 2      | อัตราการเกิดปฏิกิริยาและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | - กิจกรรมที่ 2.1 อุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส | 8             |

ขั้นตอนในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 มาตรฐานการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา และตัวชี้วัด

3.3.1.2 ศึกษาหลักสูตรของโรงเรียนกระสังพิทยาคม วิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างของเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย จุดประสงค์การเรียนรู้ การวัด และการประเมินผลของวิชาเคมี วิชาคณิตศาสตร์ และวิชาเทคโนโลยี ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อนำมาออกแบบกิจกรรม สะเต็มศึกษา

3.3.1.3 ศึกษารายละเอียดของเนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากหนังสือเรียน วิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3 (สสวท.) และรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัด และจุดประสงค์ การเรียนรู้

3.3.1.4 กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้หลัก (ตารางที่ 3.1) สื่อการเรียน การสอน และวิธีการวัดผลประเมินผล

3.3.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยกระบวนการจัดการเรียนรู้ แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ขั้นก่อนทำกิจกรรมสะเต็ม เป็นขั้นสร้างความสนใจ และปรับพื้นฐานความรู้จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยมีการทดลองอย่างง่ายเพื่อค้นหาคำตอบและเชื่อมโยงเข้าสู่เนื้อหา ตอนที่ 2 ขั้นทำกิจกรรมสะเต็ม ประกอบไปด้วย ขั้นตอนย่อย 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ 2) รวบรวมข้อมูลและเลือกวิธีการแก้ปัญหา 3) ออกแบบและปฏิบัติการ 4) ทดสอบประสิทธิภาพ 5) การปรับปรุงแก้ไข 6) สรุปและขยายความรู้ และ 7) ประเมินผล โดยกระบวนการสามารถย้อนกลับเพื่อปรับปรุงแก้ไขในขั้นตอนต่าง ๆ ได้ตลอดขึ้นอยู่กับสถานการณ์

3.3.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา และผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา รูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ สื่อที่ใช้ในการเรียนรู้ และความถูกต้องในการใช้ภาษา

### 3.3.2 แบบทดสอบวัดมโนคติวิthyาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดมโนคติวิthyาศาสตร์แบบปรนัยชนิดสองลำดับขั้น (two-tier diagnostic test) ประกอบด้วย 2 ส่วน ซึ่งส่วนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นการอธิบายเหตุผลของคำตอบ จำนวน 30 ข้อ โดยแบบทดสอบทั้งหมดแบ่งออกเป็น 3 เรื่อง ได้แก่ แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อย่างละ 10 ข้อ แสดงดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนข้อสอบ

| เนื้อหา                                      | จุดประสงค์การเรียนรู้                                                                                          | จำนวนข้อสอบ(ข้อ) |
|----------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี       | 1. อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์ การชนกันของอนุภาค และการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ได้ | 10               |
|                                              | 2. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีได้                                       |                  |
| 2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                 | 1. อธิบายความหมาย ทดลองและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้                                                  | 10               |
| 3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 1. อธิบายความหมาย ทดลอง และระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้                                    | 10               |
| รวม                                          |                                                                                                                | 30               |

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดมโนคติวิद्याศาสตร์ มีดังนี้

3.3.2.1 ศึกษาหลักการวัด และการประเมินผลจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ศึกษาเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย จุดประสงค์การเรียนรู้ และศึกษาแบบทดสอบวัดมโนคติวิद्याศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากข้อสอบโอเน็ต ข้อสอบเอ็นทรานซ์ และข้อสอบ PAT2

3.3.2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบชนิด 2 ลำดับชั้น (two-tier multiple choice conceptual test) จากเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

3.3.2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และกำหนดจำนวนข้อสอบในแต่ละเนื้อหา ดังตารางที่ 3.2

3.3.2.4 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาที่สอนตามหลักของ Bloom's Taxonomy ซึ่งประกอบด้วยชั้นความเข้าใจ จำนวน 19 ข้อ (ร้อยละ 63.33) ชั้นการนำไปใช้ จำนวน 4 ข้อ (ร้อยละ 13.33) และชั้นคิดวิเคราะห์ จำนวน 7 ข้อ (ร้อยละ 23.33) ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 วิเคราะห์แบบทดสอบจากเนื้อหาที่สอนตามหลักของ Bloom's Taxonomy

| เนื้อหา                                      | จำนวนข้อสอบตามพฤติกรรมที่วัด (ข้อ) |                     |                     | รวม (ข้อ)             |
|----------------------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|
|                                              | ความเข้าใจ                         | การนำไปใช้          | คิดวิเคราะห์        |                       |
| 1. แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี       | 7                                  | 1                   | 2                   | 10                    |
| 2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                 | 8                                  | 1                   | 1                   | 10                    |
| 3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 4                                  | 2                   | 4                   | 10                    |
| รวม                                          | 19<br>(ร้อยละ 63.33)               | 4<br>(ร้อยละ 13.33) | 7<br>(ร้อยละ 23.33) | 30<br>(ร้อยละ 100.00) |

3.3.2.5 สร้างแบบทดสอบวัดมโนคติวิद्याศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเป็นแบบทดสอบ 2 ลำดับชั้น ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 เป็นการอธิบายเหตุผลของคำตอบ จำนวน 30 ข้อ

3.3.2.6 นำแบบทดสอบวัดมโนคติวิद्याศาสตร์ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้ และความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้อง

3.3.2.7 นำแบบทดสอบมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.2.8 นำแบบทดสอบที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขมาจัดพิมพ์แบบทดสอบแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 ที่ผ่านการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มาแล้ว จำนวน 40 คน เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (R) หาค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ (P) รายข้อ และค่าความเชื่อมั่น

3.3.2.9 ปรับปรุงแบบทดสอบเพื่อให้ได้แบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ จำนวน 30 ข้อ โดยเลือกข้อที่มีอำนาจจำแนก (R) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.20-1.00 ค่าความยากง่าย (P) อยู่ในช่วงระหว่าง 0.20-0.80 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับมีค่าตั้งแต่ 0.70 ขึ้นไป

3.3.2.10 จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับจริง เพื่อนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

### 3.4 การดำเนินการรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ซึ่งมีรายละเอียด และลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.4.1 ทดสอบความรู้ก่อนเรียน (Pre-test) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 90 นาที เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วนำไปวิเคราะห์ผลการทดสอบก่อนเรียนต่อไป

3.4.2 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามที่ได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ มีจำนวน 2 แผน ใช้เวลา 13 ชั่วโมง ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560

3.4.3 เมื่อสิ้นสุดการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ ทำการทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ หลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบชุดเดิมแต่มีการสลับข้อคำถาม จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 90 นาที

3.4.4 นำข้อมูลจากแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน (Pre-test) และหลังเรียน (Post-test) เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธีทางสถิติ ซึ่งข้อมูลที่ได้นำมาวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียน มโนมติวิทยาศาสตร์ มโนมติคลาดเคลื่อน และมโนมติที่ผิด

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มาวิเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้

3.5.1 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยการใช้การวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน (Dependent-samples t-test analysis) ที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งคำนวณจากสูตร

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

|                |                                                                                     |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| เมื่อ $t$      | คือ สถิติทดสอบค่า $t$ -test                                                         |
| $\Sigma D$     | คือ ผลรวมของความแตกต่างรายคู่ระหว่างคะแนนการทดสอบ<br>ก่อนเรียน และหลังเรียน         |
| $(\Sigma D)^2$ | คือ ผลรวมกำลังสองของความแตกต่างรายคู่ระหว่างคะแนน<br>การทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน |
| $N$            | คือ จำนวนกลุ่มตัวอย่าง                                                              |

3.5.2 วิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน โดยใช้ normalized gain ตามทฤษฎีของ Hake (1988) อ้างอิงจากมรรันตี โทผาวงษ์ (2557) โดยแยกออกเป็น 3 ระดับ คือ high gain ( $\langle g \rangle \geq 0.7$ ) medium gain ( $0.3 < \langle g \rangle < 0.7$ ) และ low gain ( $\langle g \rangle \leq 0.3$ ) ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$\langle g \rangle = \frac{(\% \text{post-test}) - (\% \text{Pre-test})}{(100\%) - (\% \text{Pre-test})}$$

|                           |                                                   |
|---------------------------|---------------------------------------------------|
| เมื่อ $\langle g \rangle$ | คือ ค่า normalized gain                           |
| %Post-test                | คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบหลังเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์* |
| %Pre-test                 | คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนสอบก่อนเรียนเป็นเปอร์เซ็นต์* |

\*หมายเหตุ คิดเฉพาะนักเรียนคนที่สอบทั้งก่อนและหลังเรียนเท่านั้น

3.5.3 วิเคราะห์มโนคติทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ มโนคติถูกต้อง (Good concept: GC) มโนคติคลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก (Alternative concept: AC) และมโนคติที่ผิด (Misconcept: MC) (Supasorn and Promarak, 2015) ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 เกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์วัดความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของแบบทดสอบชนิดตัวเลือก 2 ลำดับชั้น

| มโนคติวิทยาศาสตร์                                                | เกณฑ์ที่ใช้                                                                                       | คะแนน   |
|------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| มโนคติถูกต้อง<br>(Good concept: GC)                              | ตอบถูกต้องทั้งตัวเลือกและเหตุผล                                                                   | 2       |
| มโนคติคลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก<br>(Alternative concept: AC) | ตอบตัวเลือกถูก แต่เหตุผลผิด<br>หรือตัวเลือกผิด แต่เหตุผลถูก<br>(ถูกต้องเป็นบางส่วน แต่ไม่สมบูรณ์) | 0.5-1.5 |
| มโนคติที่ผิด (Misconcept: MC)                                    | ตอบผิดทั้งตัวเลือกและเหตุผล                                                                       | 0       |

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อศึกษาการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก และอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส มโนมติวิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าทางการเรียน มโนมติตลาดเคลื่อนและผัดก่อนเรียน และหลังเรียน โดยเรียงลำดับการนำเสนอผลวิจัยดังนี้

- 4.1 การออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กและอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส
- 4.2 คะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าทางการเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน
- 4.3 มโนมติตลาดเคลื่อนและผัดก่อนเรียน และหลังเรียน

#### 4.1 การออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กและอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส

##### 4.1.1 การออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก จากวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก คุ่มทุน แสดงดังภาพที่ 4.1





ภาพที่ 4.1 ตู้เย็นขนาดเล็กของ (a) ครู (b) นักเรียนกลุ่มที่ 1, 3, 5, 6 และ 8 และ (c) นักเรียนกลุ่มที่ 2, 4 และ 7

ส่วนประกอบของตู้เย็นขนาดเล็กจะแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ โครงสร้างหลักภายนอก ส่วนภายในตู้เย็น และส่วนรองรับขวดน้ำ โดยตู้เย็นขนาดเล็กของครู (ภาพที่ 4.1 a) เป็นการประดิษฐ์ชิ้นงานต้นแบบไว้เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเปรียบเทียบกับชิ้นงานของนักเรียนหลังจากเรียนรู้ด้วยกิจกรรมสะสมเติม โดยที่นักเรียนไม่เห็นชิ้นงานต้นแบบของครูก่อน ซึ่งตู้เย็นขนาดเล็กของครูนั้นจะใช้โฟมติดด้วยเทปกาวหรือแอลซีเป็นโครงสร้างหลักภายนอก ส่วนภายในมีกลไกการคนสารเป็นแท่งเหล็กโดยไม่มีวัสดุรองรับขวดน้ำ ส่วนนักเรียนในกลุ่มที่ 1, 3, 5, 6 และ 8 จะออกแบบโดยใช้โครงสร้างหลักภายนอกเป็นโฟมคล้ายของครู แต่ต่างกันที่การนำวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนมาใส่ในส่วนภายในตู้เย็น และมีส่วนรองรับขวดน้ำเป็นกระป๋องอะลูมิเนียมหรือขวดพลาสติก (ภาพที่ 4.1 b) และในกลุ่มที่ 2, 4 และ 7 ลักษณะการออกแบบคล้ายกับกลุ่มอื่น ๆ ในส่วนภายในตู้เย็นและใช้ส่วนรองรับขวดน้ำเป็นกระป๋องอะลูมิเนียม (ภาพที่ 4.1 c) แต่ต่างกันที่ใช้กระถางดินเผาเป็นโครงสร้างภายนอก โดยรายละเอียดวัสดุที่ใช้ในส่วนต่าง ๆ ราคาวัสดุอุปกรณ์สารเคมี และอุณหภูมิที่ลดลงของน้ำเมื่อผ่านการทดสอบประสิทธิภาพตู้เย็นขนาดเล็กของครูและนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก ราคาวัสดุสารเคมี อุณหภูมิที่ลดลงของครู และนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ

| ผู้ออกแบบ                             | วัสดุที่ใช้ในส่วนต่าง ๆ |                                                                                     |                                       | กลไก<br>คน<br>สาร | ราคาวัสดุ<br>สารเคมี<br>(บาท) | อุณหภูมิ<br>ที่ลดลง<br>(°C) |
|---------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------|
|                                       | โครงสร้าง<br>หลักภายนอก | ส่วนภายใน<br>ตู้เย็น                                                                | ส่วนรองรับ<br>ขวดน้ำ                  |                   |                               |                             |
| ครู                                   | โฟม                     | แอลคีน                                                                              | ไม่มี                                 | มี                | 85.5                          | 14                          |
| นักเรียน<br>กลุ่มที่ 1,<br>3, 5, 6, 8 | โฟม                     | เช่น ดินเหนียว ,<br>ดินทราย, เกลือ,<br>แกลบ, ผ้าฝ้าย,<br>อลูมิเนียมฟอยล์,<br>แอลคีน | กระป๋อง<br>อะลูมิเนียม,<br>ขวดพลาสติก | มี                | 151.5-225                     | 12-18                       |
| นักเรียน<br>กลุ่มที่<br>2, 4, 7       | กระถาง<br>ดินเผา        | เช่น ดินเหนียว,<br>ดินทราย, แกลบ,<br>ผ้าฝ้าย,<br>อลูมิเนียมฟอยล์                    | กระป๋อง<br>อะลูมิเนียม                | มี                | 251-278                       | 12-14                       |

จากตารางที่ 4.1 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ใช้โฟมเป็นโครงสร้างหลักภายนอก (กลุ่มที่ 1, 3, 5, 6 และ 8) โดยมีวัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนอยู่ในตู้เย็น และมีส่วนรองรับขวดน้ำนั้น เมื่อนำไปทดสอบประสิทธิภาพของตู้เย็นโดยเลือกใช้ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะสามารถทำให้น้ำดื่มมีอุณหภูมิลดลงจากเดิมใกล้เคียงกับครู คือ อยู่ในช่วง 12-18 °C แต่ราคาวัสดุจะแพงกว่า (151.5-225 บาท) ส่วนในกลุ่มที่ใช้กระถางดินเผาเป็นโครงสร้างหลักภายนอกนั้น (กลุ่มที่ 1, 3 และ 5) จะสามารถทำให้น้ำดื่มมีอุณหภูมิลดลงจากเดิมอยู่ในช่วง 12-14 °C โดยราคาวัสดุจะแพงกว่าของครูเช่นกัน (251-278 บาท) ทั้งนี้ จะเห็นได้ว่านักเรียนทุกกลุ่มสามารถทำให้น้ำดื่มมีอุณหภูมิลดลงจากเดิม  $\geq 10$  °C ตามเกณฑ์การประเมินได้ แต่ในการเลือกใช้วัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนมาใส่ภายในตู้เย็นมีจำนวนมากจนเกินไป ส่งผลทำให้ราคาชิ้นงานตู้เย็นขนาดเล็กมีราคาแพง ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการเลือกวิธีในการแก้ปัญหาที่มีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบชิ้นงานให้ได้ดีที่สุด (กวิน เชื้อมกลาง, 2556) ซึ่งควรเลือกใช้วัสดุที่จำเป็นคุ้มทุน โดยที่ชิ้นงานนั้นยังคงประสิทธิภาพเพียงพอตามที่ต้องการ และมีอายุการใช้งานที่ยาวนาน ทั้งนี้การจัดกิจกรรมสะสมตู้เย็นขนาดเล็กนี้จะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการทำงานร่วมกัน (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557) ผู้เรียนต้องค้นหา และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ครูหรือผู้สอนนั้นทำหน้าที่เป็นผู้อำนวย

ความสะดวก (สนธิ พลชัยยา, 2557) ทำให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาหรือนำไปประยุกต์ใช้เพื่อสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ได้ (O'Neil et al., 2012; มนตรี จุฬาวัฒนพล, 2556; ศานิกานต์ เสนิงค์, 2556; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557) โดยผลงานของแต่ละกลุ่มถูกประเมินตามคะแนนรูบรีค คะแนนเต็ม 100 คะแนน ซึ่งสัดส่วนคะแนนของหัวข้อรายการประเมินต่าง ๆ และคะแนนการสร้างต้นแบบขนาดเล็กของแต่ละกลุ่ม แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 คะแนนการสร้างต้นแบบขนาดเล็กของแต่ละกลุ่ม

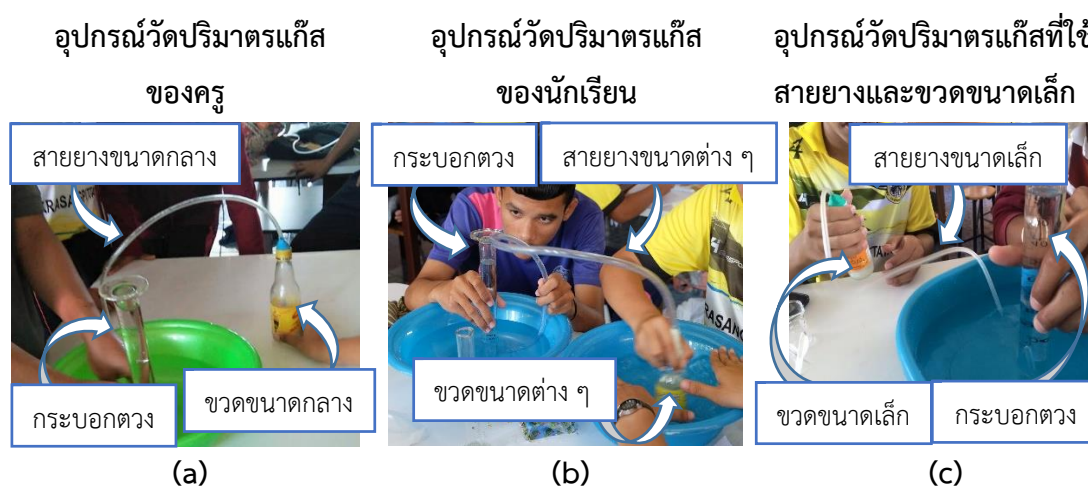
| กลุ่มที่<br>รายการประเมิน            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| 1. ผลงาน (30)                        | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30        |
| 2. ต้นทุนการผลิต (10)                | 8  | 4  | 10 | 4  | 8  | 6  | 4  | 6  | 6         |
| 3. เวลาที่ใช้ (10)                   | 6  | 4  | 8  | 6  | 6  | 6  | 8  | 6  | 6         |
| 4. การนำเสนอ (20)                    | 15 | 17 | 18 | 15 | 16 | 17 | 19 | 17 | 17        |
| 5. การออกแบบเชิงวิศวกรรม (10)        | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10        |
| 6. การบูรณาการความรู้<br>สะเต็ม (20) | 17 | 16 | 19 | 18 | 15 | 19 | 18 | 17 | 17        |
| รวม (100)                            | 86 | 81 | 95 | 83 | 85 | 88 | 89 | 86 | 87        |

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนสามารถสร้างต้นแบบขนาดเล็กที่สามารถทำให้อุณหภูมิของน้ำอ้อลดลง  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  ได้ทุกกลุ่ม รวมถึงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมในการร่างต้นแบบประดิษฐ์ตามต้นแบบ และมีการเสนอแนะวิธีพัฒนาต้นแบบให้ดียิ่งขึ้นในทุกกลุ่ม จึงส่งผลให้ทุกกลุ่มได้คะแนนเต็มในส่วน of คะแนนผลงาน (30 คะแนน) และคะแนนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (10 คะแนน) ทั้งนี้คะแนนจะมีความแตกต่างกันในส่วน of ต้นทุนการผลิต เวลาที่ใช้ในการทดลอง การนำเสนอ และการบูรณาการความรู้สะเต็ม โดยกลุ่มที่ได้คะแนนรวมสูงสุด คือ กลุ่มที่ 3 (95 คะแนน) ซึ่งเกิดจากนักเรียนมีการวางแผนที่ดี เป็นกลุ่มที่ใช้ต้นทุน และเวลาในการสร้างต้นแบบน้อยที่สุด (10 และ 8 คะแนนตามลำดับ) รวมถึงการอธิบายความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยีเพื่อออกแบบและผลิตชิ้นงานได้ชัดเจน และถูกต้องทั้ง 4 ด้านมากกว่ากลุ่มอื่น ๆ (19 คะแนน) จึงส่งผลทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีคะแนนรวมสูงสุด ส่วนกลุ่มที่ได้คะแนนรวมต่ำสุด คือกลุ่มที่ 2 (81 คะแนน) ซึ่งเกิดจากการเลือกใช้วัสดุที่เป็นฉนวนความร้อนหลากหลายชนิด

มากกว่ากลุ่มอื่น ๆ ทำให้มีต้นทุนในการผลิตสูง (4 คะแนน) และใช้เวลาในการสร้างตู้เย็นนาน (4 คะแนน) อีกทั้งการอธิบายการบูรณาการความรู้เพิ่มเติมเพื่อออกแบบ และผลิตชิ้นงานได้ไม่ชัดเจน (16 คะแนน) ทำให้คะแนนรวมของกลุ่มนี้มีคะแนนต่ำที่สุด

#### 4.1.2 การออกแบบอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สจากวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก คุ่มทุน และสามารถวัดแก๊สได้ แสดงดังภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 อุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สด้วยการแทนที่น้ำของ (a) ครู (b) นักเรียนกลุ่มที่ 1-6 และ (c) นักเรียนกลุ่มที่ 7-8

ส่วนประกอบของอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สจะแบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขวดบรรจุสารตั้งต้น ส่วนของท่อส่งแก๊ส และส่วนเก็บแก๊ส โดยอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สด้วยการแทนที่น้ำของครู (ภาพที่ 4.2 a) จะเป็นชิ้นงานต้นแบบให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่างก่อนทำกิจกรรมสะเต็ม ซึ่งจะใช้ขวดแก้วขนาดกลางบรรจุสารตั้งต้น ใช้ท่อส่งแก๊สเป็นสายยางขนาดกลาง ส่วนนักเรียนในกลุ่มที่ 1-6 ใช้ขวดแก้วขนาดเล็ก และขนาดกลางบรรจุสารตั้งต้น ใช้สายยางขนาดกลาง และขนาดใหญ่เป็นท่อส่งแก๊ส (ภาพที่ 4.2 b) แต่ในกลุ่มที่ 7-8 นักเรียนออกแบบอุปกรณ์โดยทำปฏิกิริยาเคมีในขวดแก้วขนาดเล็กที่ใช้สายยางขนาดเล็กเป็นท่อส่งแก๊ส (ภาพที่ 4.2 c) และการเลือกใช้ที่สอดคล้องกัน คือ การใช้กระบอกตวงขนาด 100 ml เป็นส่วนเก็บแก๊ส โดยราคาวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ และปริมาตรแก๊สที่ได้ แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส ราคาวัสดุ ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นของครูและนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ

| ผู้ออกแบบ             | อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนต่าง ๆ      |                           |                          | ราคาวัสดุ<br>(บาท) | ปริมาตร<br>แก๊สที่ได้<br>(ml) |
|-----------------------|--------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------------|
|                       | ขวดบรรจุ<br>สารตั้งต้น         | ท่อส่งแก๊ส                | ส่วนเก็บแก๊ส             |                    |                               |
| ครู                   | ขวดแก้วขนาด<br>กลาง (250ml)    | สายยาง<br>ขนาดกลาง        | กระบอกตวง<br>ขนาด 100 ml | 163                | 52                            |
| นักเรียน<br>กลุ่ม 1-6 | ขวดแก้วขนาดเล็ก<br>และขนาดกลาง | สายยางขนาด<br>กลางและใหญ่ | กระบอกตวง<br>ขนาด 100 ml | 158-165            | 47-71                         |
| นักเรียน<br>กลุ่ม 7-8 | ขวดแก้วขนาดเล็ก<br>(140ml)     | สายยาง<br>ขนาดเล็ก        | กระบอกตวง<br>ขนาด 100 ml | 157                | 54-59                         |

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะสร้างอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์ต้นแบบของครู โดยต่างกันที่ขนาดของขวดบรรจุสารตั้งต้น และขนาดสายยางท่อส่งแก๊ส ซึ่งอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถวัดแก๊สได้ใกล้เคียงกับอุปกรณ์ต้นแบบของครู คือ อยู่ในช่วง 47-59 ml และราคาของวัสดุใกล้เคียงกัน (158-165 บาท) ยกเว้นกลุ่มที่ 7-8 ที่ใช้อุปกรณ์แตกต่างจากกลุ่มอื่น โดยใช้งบประมาณในการทำน้อยที่สุด (157 บาท) และประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้นสามารถวัดแก๊สที่เกิดขึ้นได้ตามเกณฑ์การประเมิน และในกิจกรรมการเรียนรู้สะสมเต็ม นี้จะมีการศึกษาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งต้องทำการทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงานที่อุณหภูมิ  $\geq 60$  องศาด้วย โดยมีวัสดุให้เลือกใช้ที่หลากหลายในราคาที่แตกต่างกัน เช่น วัสดุที่ใช้ทำขวดบรรจุสารตั้งต้นจากกระบอกฉีดยาและขวดพลาสติกจะมีราคาถูกกว่าขวดแก้ว หรือวัสดุที่ใช้ทำท่อส่งแก๊สจากสายยางจะแพงกว่าหลอดกาแฟ เป็นต้น ดังนั้น หากนักเรียนเลือกใช้วัสดุที่ไม่ทนต่อความร้อน หรือให้ความสำคัญในเรื่องราคาของวัสดุมากกว่า อาจทำให้ประสิทธิภาพของชิ้นงานลดลงและมีระยะเวลาการใช้งานไม่ยาวนาน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้สะท้อนให้เห็นว่า การเลือกวิธีในการแก้ปัญหาที่มีความสำคัญในการออกแบบเชิงวิศวกรรมเพื่อให้ได้วิธีที่ดีที่สุด โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้ามาช่วย (กวิน เชื้อมกลาง, 2556) ทั้งนี้ในการเรียนรู้แบบสะสมเต็มศึกษานั้น ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการทำงานร่วมกัน ใช้ความรู้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีการอภิปราย และนำเสนอ และปรับปรุงแก้ไขผลงานเพื่อให้ดีขึ้น (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556) จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง (Tseng et al., 2013) และได้ชิ้นงานที่สามารถวัดแก๊สที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งผลงานของแต่ละกลุ่มถูกประเมินตามคะแนนรูบรีค

คะแนนเต็ม 100 คะแนน โดยสัดส่วนคะแนนของหัวข้อรายการประเมินต่าง ๆ และคะแนนการสร้างอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สของแต่ละกลุ่ม แสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 คะแนนการสร้างอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สของแต่ละกลุ่ม

| กลุ่มที่<br>รายการประเมิน            | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | ค่าเฉลี่ย |
|--------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| 1. ผลงาน (30)                        | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30        |
| 2. ต้นทุนการผลิต (10)                | 8  | 6  | 6  | 8  | 6  | 8  | 10 | 10 | 8         |
| 3. เวลาที่ใช้ทดลอง (10)              | 6  | 6  | 8  | 8  | 6  | 4  | 8  | 4  | 6         |
| 4. การนำเสนอ (15)                    | 12 | 12 | 14 | 12 | 15 | 12 | 12 | 14 | 13        |
| 5. การออกแบบ<br>เชิงวิศวกรรม (15)    | 15 | 15 | 15 | 15 | 15 | 13 | 15 | 15 | 15        |
| 6. การบูรณาการความรู้<br>สะเต็ม (20) | 18 | 19 | 15 | 18 | 16 | 18 | 19 | 19 | 18        |
| รวม (100)                            | 89 | 88 | 88 | 91 | 88 | 85 | 94 | 92 | 90        |

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนสามารถสร้างอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สที่สามารถเก็บแก๊สได้มากกว่า 45 ml ทุกกลุ่ม ส่งผลให้แต่ละกลุ่มได้คะแนนผลงานเต็ม 30 คะแนน ทั้งนี้คะแนนจะมีความแตกต่างกันในส่วนของต้นทุนการผลิต เวลาที่ใช้ในการทดลอง การนำเสนอ การออกแบบเชิงวิศวกรรม และการบูรณาการความรู้สะเต็ม โดยกลุ่มที่ได้คะแนนรวมสูงสุด คือ กลุ่มที่ 7 (94 คะแนน) ทั้งนี้เนื่องจากมีนักเรียนเลขที่ 35 ที่มีผลการเรียนดีในทุกรายวิชา มีความคิดสร้างสรรค์ มีข้อคำถามหรือข้อสงสัยตลอดเวลาเพื่อต้องการค้นหาคำตอบ อีกทั้งมีทักษะการพูดสื่อความหมายได้ดี และนักเรียนเลขที่ 3 ที่ชอบการประดิษฐ์ ส่งผลให้กลุ่มนี้คิดสร้างอุปกรณ์ต่างไปจากครูและกลุ่มอื่น ๆ รวมถึงมีการนำเสนอที่ดี อีกทั้งมีการอธิบายการบูรณาการความรู้สะเต็มได้ชัดเจนและถูกต้องทั้ง 4 ด้าน จึงทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีคะแนนรวมสูงสุด ส่วนกลุ่มที่ได้คะแนนรวมต่ำสุด คือกลุ่มที่ 6 (87 คะแนน) ทั้งนี้เกิดจากการวางแผนกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของกลุ่มที่ 6 ให้ความสำคัญด้านราคาของวัสดุมากกว่าคุณภาพหรือความคงทนของวัสดุ โดยในช่วงเวลาการทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สนั้น เป็นกลุ่มเดียวที่เลือกใช้หลอดกาแลพขนาดกลาง 3 หลอด เชื่อมต่อกันเป็นท่อส่งแก๊สในตอนแรก ซึ่งทนความร้อนได้น้อย และเกิดรอยร้าวตามข้อต่อของหลอดกาแลพทำให้ได้แก๊สในปริมาณน้อย ดังนั้นนักเรียนกลุ่มดังกล่าวจึงเปลี่ยนมาใช้สายยางขนาดกลางแทนหลอดกาแลพ ซึ่งทำให้เสียเวลาจากส่วนนี้ไป ส่งผลต่อคะแนนเวลาที่ใช้ในการทดลอง (4 คะแนน)

และคะแนนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (13 คะแนน) ที่น้อยกว่ากลุ่มอื่น ๆ อีกทั้งการอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ด้านคุณสมบัติในการเลือกซื้อวัสดุบางชนิดยังไม่ชัดเจน ทำให้คะแนนรวมของกลุ่มนี้มีคะแนนต่ำที่สุด

กล่าวโดยสรุป นักเรียนสามารถออกแบบ และสร้างตุ้มน้ำขนาดเล็ก และอุปกรณ์วัดปริมาตรแก้วได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยมีคะแนนร้อยละ 70.00 ขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับ เกติณี อินทา (2558) ที่ใช้แนวการสอนสะเต็มฯ กับการพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ในรายวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี และเรื่องพอลิเมอร์มาบูรณาการเกี่ยวกับยางพารา พบว่า นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.62 สามารถนำองค์ความรู้ที่เรียนทั้ง 4 สาขาวิชามาบูรณาการในการออกแบบนวัตกรรมใหม่ เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เผชิญได้ สอดคล้องกับ ดารารัตน์ ชัยพิลา (2559) ที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานตามแนวคิด STEM Education เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างเรียนร้อยละ 88.35 ซึ่งอยู่ในระดับดี เนื่องจากการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และมีกระบวนการทำงานเป็นระบบขั้นตอน โดยใช้ความรู้ทั้ง 4 สาขาวิชา มาใช้แก้ปัญหา อีกทั้งนักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70.00 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เนื่องจากสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่หลากหลาย และใช้ความรู้ของแต่ละคนได้อย่างเต็มความสามารถ สอดคล้องกับ อธิภา ไชยเดช (2560) ที่ใช้กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์ พบว่า สามารถพัฒนาสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมือของนักเรียนได้ โดยนักเรียนร้อยละ 95.80 มีสมรรถนะการแก้ปัญหาแบบร่วมมืออยู่ในระดับสูงหลังจากการจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกฝนกระบวนการคิด และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ ส่งเสริมให้สามารถสื่อสารกันเพื่อสร้างความเข้าใจในปัญหาหรือข้อมูลต่าง ๆ ร่วมกัน สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองจากการสืบค้นหรือการลงมือปฏิบัติแล้วนำองค์ความรู้เหล่านั้นมาบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษาเพื่อใช้ในการวางแผน การออกแบบ การเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด และแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดได้ สอดคล้องกับ Diana (2012) ที่ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคาร ในจินตนาการ พบว่า นักเรียนสามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริง โดยประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในอนาคตได้ อีกทั้งยังเพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้ให้เพิ่มขึ้นอีกด้วย สอดคล้องกับ Burrows, A. and et al. (2014) ที่ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ในหัวข้อเรื่อง การผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซลสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา โดยครูจากสองวิชา คือ ชีววิทยาและเคมี ได้ดำเนินการสร้างบทเรียนไบโอดีเซลร่วมกัน พบว่า นักเรียนมีทักษะในวิชาสะเต็ม และเจตคติที่ดีขึ้น สามารถบูรณาการความรู้มาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้ และสอดคล้องกับ Levine, M. and et al. (2015)

ที่จัดค่ายเคมีสำหรับนักเรียนหญิงในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น บูรณาการสะเต็มศึกษาโดยใช้กิจกรรม Hands-On Activities พบว่า นักเรียนสามารถใช้องค์ความรู้มาช่วยในการตัดสินใจเพื่อแก้ปัญหาที่พบในชีวิตประจำวันได้ อีกทั้งนักเรียนมีความสนใจในการใฝ่หาอาชีพด้านสะเต็มเพิ่มมากขึ้น

#### 4.2 คะแนนมโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน ในการศึกษา มโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยแบบทดสอบ วัดมโนคติวิทยาศาสตร์ 30 ข้อ โดยทดสอบค่าที่แบบตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน ซึ่งคะแนนเต็มแต่ละ เนื้อหาเท่ากับ 20 ผลแสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 คะแนนมโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แยกตามเนื้อหา

| เนื้อหา*  | ก่อนเรียน |      |       | หลังเรียน |      |       | <g>  | t-test** |      |
|-----------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|------|----------|------|
|           | Mean      | SD   | %     | Mean      | SD   | %     |      | t        | P    |
| 1         | 2.95      | 0.96 | 14.76 | 13.06     | 1.92 | 65.30 | 0.59 | 32.77    | 0.00 |
| 2         | 3.14      | 1.30 | 15.71 | 14.83     | 2.04 | 74.17 | 0.69 | 33.44    | 0.00 |
| 3         | 2.10      | 0.93 | 10.48 | 14.24     | 2.10 | 71.19 | 0.68 | 33.54    | 0.00 |
| ค่าเฉลี่ย | 2.73      | 1.06 | 13.65 | 14.04     | 2.02 | 70.22 | 0.65 | 33.25    | 0.00 |

\* เนื้อหาที่ 1 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื้อหาที่ 2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื้อหาที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

\*\*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ  $p = 0.05$

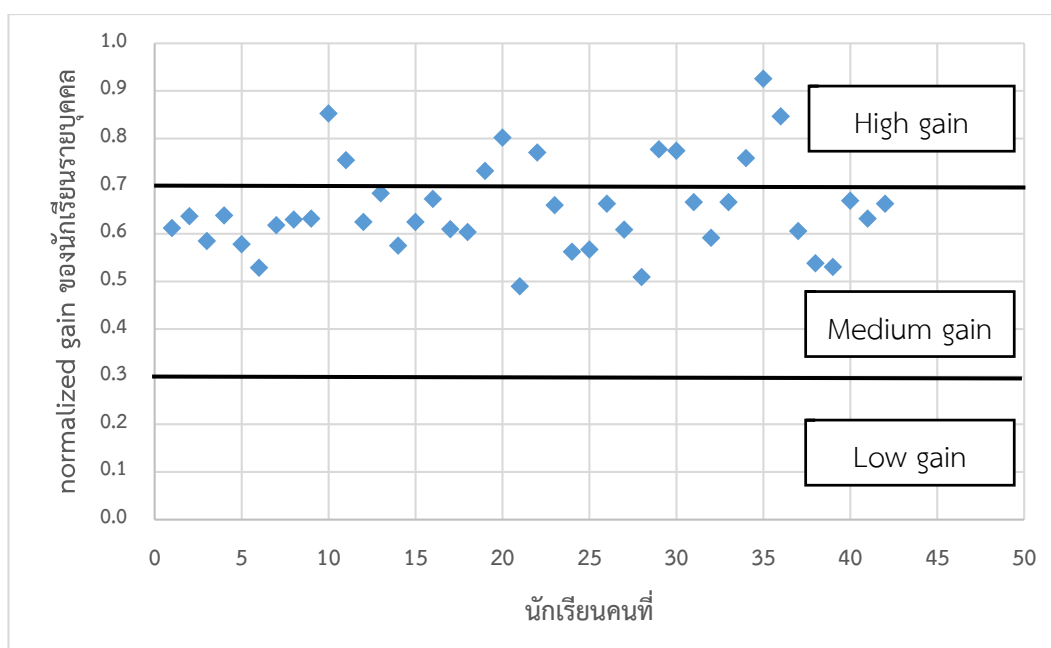
จากตารางที่ 4.5 พบว่า หลังจากทีนักเรียนได้รับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนน มโนคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ  $p < 0.05$  โดยมีคะแนนมโนคติหลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียน 5.1 เท่า (เพิ่มขึ้นสูงกว่าร้อยละ 50.00 ในทุกเนื้อหา) และมีความก้าวหน้าทางการเรียน แบบรายชั้นเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ( $<g>=0.65$ ) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็ม ศึกษามีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจมโนคติ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนให้ สูงขึ้นได้ ซึ่งผลวิจัยสอดคล้องกับ จำลอง ออบุ่น (2559) ที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความเข้าใจมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี พบว่า นักเรียนมีมโนคติ ทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นในทุกเนื้อหา ซึ่งเป็นผลจากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ทำให้เกิดทักษะ



และจดจำองค์ความรู้ได้ยาวนาน และสอดคล้องกับ พลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ สะเต็มศึกษา กับแบบปกติ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และเกศินี อินตา (2558) ได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง มหัตถจริยียงพารา ซึ่งใช้ความรู้เรื่องปฏิกิริยาเคมี และเรื่องพอลิเมอร์ มาบูรณาการเกี่ยวกับยางพารา พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และ Diana (2012) ที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนมีผลการทดสอบในรายวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีแนวคิดหรือความเข้าใจในมิติสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนต้องค้นหา และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง รู้จักวิเคราะห์ แก้ปัญหา รวมถึงสร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยทุกคนมีส่วนร่วมในกิจกรรม ในขณะที่ครูทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวกหรือให้คำแนะนำ (สนธิ พลชัยยา, 2556; มนตรี จุฬาววัฒน, 2556) ทำให้เข้าใจเนื้อหาแกนหลักได้อย่างลึกซึ้ง มีทักษะการเรียนรู้ข้ามศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556) สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ (O'Neil et al., 2012; ศานิกานต์ เสนิงค์, 2556; อุมาพร จารุสมบัติ, 2557; สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557)

จากผลการวิจัยเมื่อพิจารณาคะแนนร้อยละของมโนคติสูงที่สุดคือเนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 74.17 มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ( $<g>=0.69$ ) ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมในเนื้อหาดังกล่าวใช้กิจกรรมสะเต็มอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สในการศึกษา จะเรียนจากง่ายไปหายากโดยการเรียนพื้นฐานความรู้ก่อน จากสถานการณ์ที่กำหนด 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 1 ความหมายของอัตราปฏิกิริยาเคมี เน้นลงมือปฏิบัติการทดลองจริง เพื่อเปรียบเทียบความเร็วในการเกิดปฏิกิริยาเทียบกับเวลา แล้วเชื่อมโยงไปยังสถานการณ์ที่ 2 การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้นักเรียนเกิดทักษะ และมีความเข้าใจมากกว่าการเรียนรู้แบบปกติ ซึ่งเป็นผลจากการได้ลงมือปฏิบัติการทดลองจริง อีกทั้งทำให้นักเรียนมีพื้นฐานความรู้ที่ดีเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชั้นกิจกรรมสะเต็มอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สต่อไป ทั้งนี้ในกิจกรรมสะเต็มดังกล่าวมีการทดลองที่ง่าย แต่เน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยบูรณาการความรู้ทั้ง 4 สาขาเข้าด้วยกัน และในเนื้อหาก็คงไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน ถ้านักเรียนเข้าใจความหมายของปฏิกิริยาเคมี วิธีการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนก็จะสามารถเข้าใจเรื่องนี้ได้ดี จึงทำให้นักเรียนมีร้อยละของมโนคติสูงสุด ส่วนเนื้อหาที่มีร้อยละของมโนคติต่ำสุด คือ แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ร้อยละ 65.30 (Medium gain  $<g>=0.59$ ) เนื่องจากเนื้อหาเรื่องนี้ค่อนข้างเป็นนามธรรมที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้

เช่น เนื้อหาเรื่องกลไกของปฏิกิริยา สารเชิงซ้อนก่อกัมมันต์ เป็นต้น โดยเนื้อหาดังกล่าวไม่ได้อยู่ใน การศึกษาจากกิจกรรมสะเต็มอย่างชัดเจน แต่ผู้วิจัยได้อธิบายแทรกในชั้นขยายความรู้ ทำให้นักเรียน บางกลุ่มยังมีความเข้าใจที่ผิดไปจากเนื้อหา ส่งผลให้นักเรียนมีร้อยละของมโนคติต่ำสุด และ เมื่อวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียนเป็นรายบุคคล แสดงผลดังภาพที่ 4.3

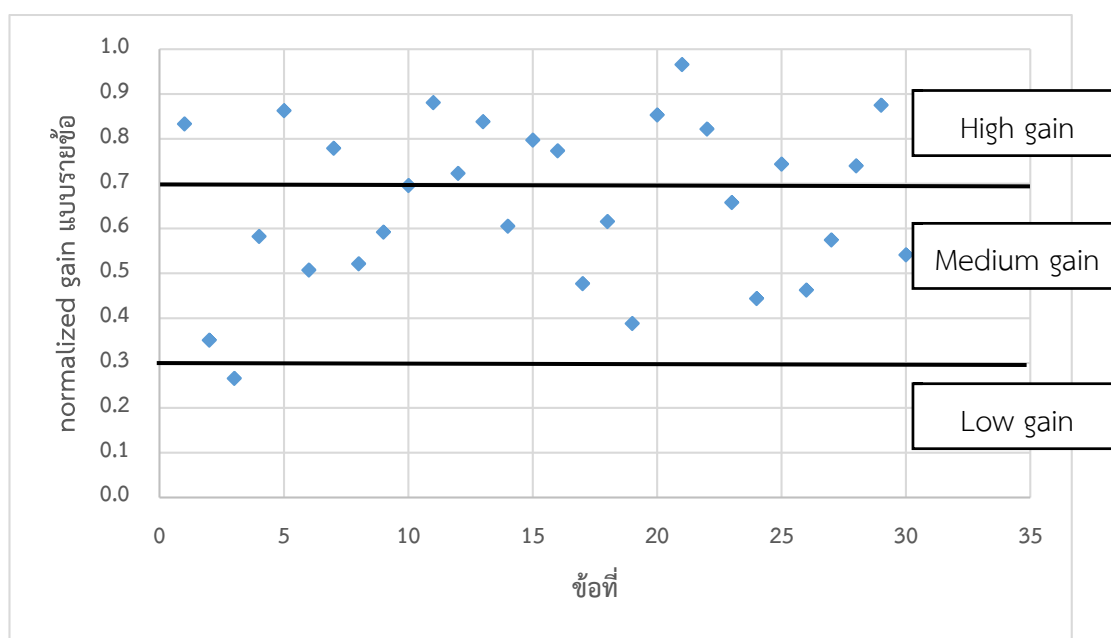


ภาพที่ 4.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล

จากภาพที่ 4.3 พบว่านักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (high gain) มีจำนวน 10 คน คิดเป็นร้อยละ 23.81 และนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) มีจำนวน 32 คน คิดเป็นร้อยละ 76.19 โดยไม่มีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำ (low gain) ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการ หลักการ และศาสตร์ความรู้จาก 4 สาขาเข้าด้วยกัน โดยเป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่มีส่วน คล้ายกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry approaches) ที่ผู้เรียนต้องค้นหา และสร้างองค์ ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับผลวิจัยของ วิชัย ลาธิ (2556) ที่ศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียน กลุ่มเก่ง ปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีร้อยละความก้าวหน้าทางการเรียนเท่ากับ 40.06, 46.45 และ 38.50 ตามลำดับ โดยนักเรียนทั้งสามกลุ่มมีความก้าวหน้าทางการเรียนไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ 0.05 และสอดคล้องกับ กมลทิพย์ บริบูรณ์ (2558) ที่ศึกษาความก้าวหน้าทาง การเรียนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยเทคนิคการสอนแบบสาธิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียนอยู่ในระดับสูง ( $\langle g \rangle = 0.70$ ) ความก้าวหน้าแบบรายบุคคลอยู่ในช่วง 0.28 - 0.95 (ระดับสูง ร้อยละ 46.67, ระดับปานกลาง ร้อยละ 50, ระดับต่ำ ร้อยละ 3.33)

เมื่อพิจารณานักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุด พบว่ามีค่า  $\langle g \rangle = 0.93$  คือนักเรียนเลขที่ 35 โดยจากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างทำกิจกรรมในการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนรู้ มีข้อคำถามหรือข้อสงสัยต่าง ๆ มาถามครูบ่อย ๆ มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการสร้างชิ้นงาน รวมถึงมีทักษะการพูดสื่อความหมายที่ดี และจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการพบว่า นักเรียนชอบวิชาวิทยาศาสตร์โดยเฉพาะวิชาเคมี และฟิสิกส์ มีทักษะการคำนวณที่ดี และมีผลการเรียนเฉลี่ยสะสมเท่ากับ 3.94 จึงส่งผลให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุด ส่วนนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุดมีค่า  $\langle g \rangle = 0.49$  คือนักเรียนเลขที่ 21 โดยจากการสังเกตพฤติกรรมระหว่างทำกิจกรรมในการเรียนการสอนพบว่า นักเรียนไม่ค่อยให้ความสำคัญกับกิจกรรมการเรียนการสอนแต่จะชอบวาดรูปเล่นในเวลาเรียน และชอบพูดคุยกันกับเพื่อน และจากการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการพบว่า นักเรียนชอบวิชาศิลปะ ไม่ชอบวิชาคำนวณ ส่งผลให้ไม่เข้าใจเนื้อหาและการปฏิบัติในกิจกรรมที่เรียน โดยมีเกรดเฉลี่ยสะสมเท่ากับ 2.90 จึงส่งผลให้มีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุด และเมื่อวิเคราะห์หาความก้าวหน้าทางการเรียนของข้อสอบรายข้อ แสดงผลดังภาพที่ 4.4



ภาพที่ 4.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายข้อ

จากภาพที่ 4.4 พบว่า นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนมากที่สุดในแบบทดสอบข้อที่ 21 ( $\langle g \rangle = 0.97$ ) ซึ่งเป็นข้อสอบระดับความเข้าใจ เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ดัดแปลงจากข้อสอบเอ็นทรานซ์) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองจริง ในกิจกรรมสะสมอุณหภูมิปริมาตรแก๊สในการสร้างชิ้นงาน และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หากนักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดในกิจกรรมสะสมได้ตามเกณฑ์ นักเรียนก็จะสามารถอธิบายแบบทดสอบข้อที่ 21 ที่ถามเกี่ยวกับการกระทำที่มีผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกันได้ ส่วนแบบทดสอบข้อที่ 3 เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) นักเรียนมีความก้าวหน้าน้อยที่สุด ( $\langle g \rangle = 0.27$ ) ทั้งนี้เป็นผลมาจากการลงมือปฏิบัติในกิจกรรมสะสมตู้เย็นขนาดเล็ก จะเน้นองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี และผลของปฏิกิริยาคูดและคายความร้อนเป็นหลัก ส่วนเนื้อหาในแบบทดสอบข้อดังกล่าว จะแทรกในชั้นขยายความรู้ จึงส่งผลให้นักเรียนบางกลุ่มมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนหรือผิด โดยมีนักเรียนที่ตอบข้อนี้ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 28.60 ส่วนที่ถูกหลงไปตอบคำตอบอื่นที่ไม่ถูกต้องคิดเป็นร้อยละ 71.40 ซึ่งส่วนใหญ่ักเรียนมีความเข้าใจผิดว่าการเพิ่มอุณหภูมิของระบบในปฏิกิริยาหนึ่งจะทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) ลดลง โดยคำตอบที่ถูกต้องคือไม่มีผลต่อพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) แต่การเพิ่มอุณหภูมิเป็นการทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น จึงทำให้โมเลกุลมีโอกาสชนกันมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดเร็วขึ้น

### 4.3 มโนคติคลาดเคลื่อนและผิดก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์ร้อยละมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน สามารถจำแนกเป็นมโนติถูกต้อง (Good concept: GC) มโนติคลาดเคลื่อนหรือมโนติทางเลือก (Alternative conceptions: AC) และมโนติที่ผิด (Misconception: MC) ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

| เนื้อหา* | มโนติก่อนเรียน |       |       | มโนติหลังเรียน |       |       | $\langle g \rangle$ |       |       |
|----------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|---------------------|-------|-------|
|          | GC             | AC    | MC    | GC             | AC    | MC    | GC                  | AC    | MC    |
| 1        | 0.24           | 29.05 | 70.71 | 57.86          | 18.10 | 24.05 | 0.58                | -0.15 | -1.59 |
| 2        | 0.00           | 31.43 | 68.57 | 55.48          | 28.10 | 16.43 | 0.55                | -0.05 | -1.66 |
| 3        | 0.00           | 20.95 | 79.05 | 58.33          | 24.52 | 17.14 | 0.58                | 0.05  | -2.95 |
| เฉลี่ย   | 0.08           | 27.14 | 72.78 | 57.22          | 23.57 | 19.21 | 0.57                | -0.05 | -1.97 |

\* เช่นเดียวกับตารางที่ 4.5

จากตารางที่ 4.6 พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา นักเรียนมีมโนคติถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกเนื้อหา คิดเป็นร้อยละ 57.22 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษานั้นทำให้มีมโนคติคลาดเคลื่อนและผิดพลาด มีค่าความก้าวหน้าทางการเรียน  $\langle g \rangle = -0.05$  และ  $-1.97$  ตามลำดับ (ค่า  $\langle g \rangle$  มีค่าติดลบ หมายถึง ไม่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในส่วนของมโนคติคลาดเคลื่อนและผิด ซึ่งก็คือมีมโนคติคลาดเคลื่อนและผิดพลาด) โดยมีมโนคติหลังเรียนที่ถูกต้องมากที่สุด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 58.33 ( $\langle g \rangle = 0.58$ ) และเนื้อหาที่นักเรียนมีมโนคติหลังเรียนที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 28.10 ( $\langle g \rangle = -0.05$ ) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบมโนคติคลาดเคลื่อนก่อนเรียนกับหลังเรียนในเนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนหลังเรียนลดลง ( $\langle g \rangle = -0.05$ ) ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนมีมโนคติหลังเรียนที่ผิดมากที่สุด เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 24.05 ( $\langle g \rangle = -1.59$ ) และจากผลวิจัยพบว่า มโนคติทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าต่ำ เนื่องจากก่อนเรียนนักเรียนยังไม่เคยเรียนวิชาเคมีพื้นฐาน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี มาก่อน อีกทั้งยังไม่เคยเรียนผ่านกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา จึงทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถเขียนอธิบายเหตุผลของคำตอบในแบบทดสอบก่อนเรียนได้ โดยตัวอย่างมโนคติของนักเรียนที่ตอบคลาดเคลื่อนและผิดหลังเรียน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 มโนคติของนักเรียนที่ตอบคลาดเคลื่อนและผิดหลังเรียน

| เนื้อหา                                   | มโนคติที่คลาดเคลื่อนและผิด                                                                             | ร้อยละ |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี       | 1. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบ พลังงานก่อกัมมันต์จะเพิ่มขึ้น                                             | 47.62  |
|                                           | 2. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น ค่า $E_a$ ลดลง                                       | 16.67  |
|                                           | 3. ระบุชนิดของปฏิกิริยาจากกราฟได้ถูกต้อง แต่คำนวณหา ค่า $E_a$ ผิด                                      | 30.95  |
| อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี                 | 1. การคำนวณหาอัตราเฉลี่ยของปฏิกิริยาผิด                                                                | 19.05  |
|                                           | 2. การวิเคราะห์ผลเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจากผลการทดลอง                      | 28.57  |
| ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 1. ในปฏิกิริยาคายความร้อน จะต้องลดอุณหภูมิ จึงจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น                          | 23.81  |
|                                           | 2. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ไม่เพิ่มขึ้นตาม | 19.05  |

จากตารางที่ 4.7 พบว่า หลังจากทำแบบทดสอบหลังเรียน นักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับเกิดปฏิกิริยาเคมี เกี่ยวกับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ พลังงานก่อกัมมันต์ และ อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยา ดังภาพที่ 4.5

3. ในปฏิกิริยาการเตรียมแก๊ส  $H_2$  จาก  $Mg$  กับสารละลายกรด  $HCl$  ดังนี้

$$Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g)$$

เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบขึ้น พลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1. คงที่                      ② เพิ่มขึ้น                      3. ลดลง                      4. สรุปไม่ได้

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

เพราะการเพิ่มอุณหภูมิ จะทำให้อัตราของพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) เพิ่มขึ้นตามไปด้วย

---

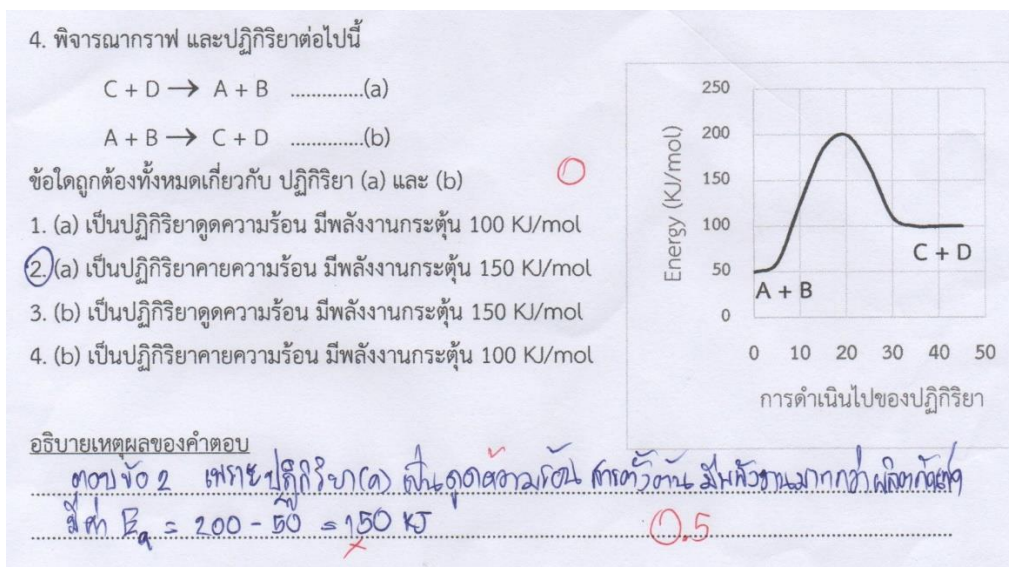
1. คงที่                      2. เพิ่มขึ้น                      ③ ลดลง                      4. สรุปไม่ได้

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

การเพิ่มอุณหภูมิ จะเพิ่มอัตราของปฏิกิริยา ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เร็วขึ้น แต่  $E_a$  ไม่ลดลง

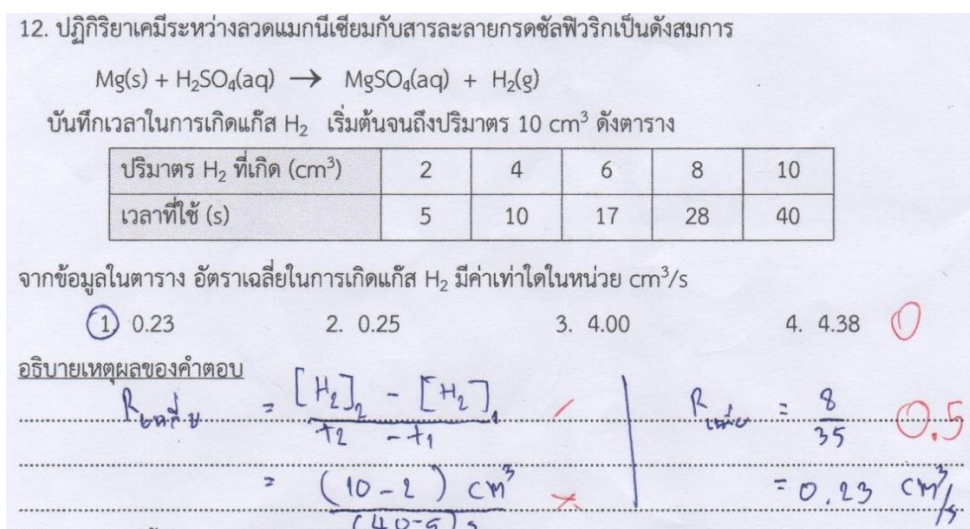
ภาพที่ 4.5 มโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของอุณหภูมิ พลังงานก่อกัมมันต์ และ อัตราเร็วในการเกิดปฏิกิริยา

จากภาพที่ 4.5 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า “เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบ จะมีผลทำให้พลังงานก่อกัมมันต์เพิ่มขึ้น” เป็นคำตอบตัวเลือกที่ 2 คิดเป็นร้อยละ 47.62 และมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า “เมื่อเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น ค่า  $E_a$  ลดลง” เป็นคำตอบตัวเลือกที่ 3 คิดเป็นร้อยละ 16.67 และมีมโนคติที่ผิดในตัวเลือกที่ 4 คิดเป็นร้อยละ 2.38 โดยคำตอบที่ถูกต้องคือตัวเลือกที่ 1 เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิไม่มีผลต่อพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) แต่จะทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น



ภาพที่ 4.6 มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการระบุชนิดของปฏิกิริยาและการคำนวณค่า  $E_a$  จากกราฟ

จากภาพที่ 4.6 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการคำนวณค่า  $E_a$  ของปฏิกิริยา (a) ผิด แต่การระบุชนิดของปฏิกิริยาจากกราฟทำได้ถูกต้อง คิดเป็นร้อยละ 30.95 โดยคำตอบที่ถูกต้องนั้นค่า  $E_a$  ของปฏิกิริยา (a) จะมีค่าเท่ากับ  $(200-100)$  KJ/mol = 100 KJ/mol



ภาพที่ 4.7 มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการคำนวณหาอัตราเฉลี่ยของปฏิกิริยา

จากภาพที่ 4.7 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีมโนมติที่คลาดเคลื่อนในการคำนวณหาอัตราเฉลี่ยของปฏิกิริยาเกี่ยวกับการเลือกใช้ข้อมูลไม่ถูกต้องมาแทนค่าในสูตร ส่งผลทำให้ค่าอัตราเฉลี่ยที่ได้ผิด



โดยใช้ข้อมูลปริมาณสารเริ่มต้น เท่ากับ  $2 \text{ cm}^3$  (ที่ถูกต้องคือ  $0 \text{ cm}^3$ ) และเวลาเริ่มต้นเท่ากับ 5 วินาที (ที่ถูกต้องคือ 0 วินาที) คิดเป็นร้อยละ 19.05

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 13-15

แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นักเรียนคนนี้ใช้แคลเซียมคาร์บอเนตจำนวน 5.00 กรัม ทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดเจือจาง โดยวัดปริมาตรแก๊ส  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นทุกๆ 2 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองยังคงมี  $\text{CaCO}_3$  หลงเหลืออยู่และได้บันทึกเป็นข้อมูลดังนี้

| เวลา(นาที)                              | 0 | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   |
|-----------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ปริมาตร $\text{CO}_2$ ( $\text{cm}^3$ ) | 0 | 20.1 | 27.6 | 33.5 | 37.5 | 40.7 | 42.2 | 42.5 | 42.5 | 42.5 |

14. อัตราการเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2$  ในช่วงเวลา 6-8 นาที ต่างจากอัตราการเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2$  เฉลี่ยเท่าใด

1.  $1.04 \text{ cm}^3/\text{min}$
2.  $0.66 \text{ cm}^3/\text{min}$
3.  $0.36 \text{ cm}^3/\text{min}$
4.  $2.54 \text{ cm}^3/\text{min}$

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

$$R_{\text{เฉลี่ย}} = \frac{[\text{CO}_2]_2 - [\text{CO}_2]_1}{t_2 - t_1}$$

$$= \frac{(42.5 - 0) \text{ cm}^3}{(18 - 0) \text{ min}}$$

$$R_{\text{เฉลี่ย}} = 2.36 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$$R_{6-8 \text{ min}} = \frac{37.5 - 33.5}{8 - 6}$$

$$= \frac{4}{2} = 2 \text{ cm}^3/\text{min}$$

$\therefore$  ความแตกต่าง =  $2.36 - 2 = 0.36 \text{ cm}^3/\text{min}$

ภาพที่ 4.8 มโนมติคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการวิเคราะห์ผลของอัตราเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดจากผลการทดลอง

จากภาพที่ 4.8 จะเห็นได้ว่านักเรียนใช้ข้อมูลนาที่ที่ 18 มาคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย เนื่องจากมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนว่าปฏิกิริยาดังกล่าวสิ้นสุดลงนาที่ที่ 18 โดยมองว่าเป็นข้อมูลเวลาสุดท้ายของผลการทดลอง และไม่ได้สังเกตว่าปริมาตรของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นนั้นคงที่ตั้งแต่นาที่ที่ 14 ส่งผลให้นักเรียนทำข้อนี้ผิด คิดเป็นร้อยละ 28.57 โดยวิธีที่ถูกต้องคือใช้ข้อมูลในนาที่ที่ 14 มาคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย



26. ปฏิกิริยา  $A(s) + B(aq) \rightarrow C(aq) + D(aq)$  เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อใด

1. ลดขนาดของ A เพิ่มความเข้มข้นของ B ลดอุณหภูมิ
2. ลดปริมาณของ D เพิ่มความเข้มข้นของ B ลดอุณหภูมิ
3. เพิ่มขนาดของ A ลดความดัน เพิ่มอุณหภูมิ
4. ลดขนาดของ A เพิ่มตัวเร่งปฏิกิริยา เพิ่มอุณหภูมิ

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

ในปฏิกิริยาคายความร้อน เมื่ออุณหภูมิลดลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลง

ภาพที่ 4.9 มโนคติลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของปฏิกิริยาคายความร้อน อุณหภูมิ และ อัตราการเกิดปฏิกิริยา

จากภาพที่ 4.9 นักเรียนให้เหตุผลว่า “ในปฏิกิริยาคายความร้อน จะต้องลดอุณหภูมิ จึงจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น” ซึ่งเป็นมโนคติที่ผิด คิดเป็นร้อยละ 23.81 อย่างไรก็ตามมโนคติที่ถูกต้องคือ การเพิ่มอุณหภูมิ ไม่ว่าจะเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน หรือคายความร้อน จะทำให้โมเลกุลมีการชนกันมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น

28. ในการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างหินปูน ( $CaCO_3$ ) ที่มากเกินพอกับกรดอะซิติก ( $CH_3COOH$ ) ที่มีความเข้มข้น  $0.5 \text{ mol/L}$  ปริมาณ  $20 \text{ cm}^3$  ที่  $28^\circ\text{C}$  ถ้าเปลี่ยนความเข้มข้นของกรดเป็น  $1.0 \text{ mol/L}$  ในปริมาณ และอุณหภูมิเท่าเดิม ข้อความใดถูกต้องที่สุด

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ แต่ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และผลิตภัณฑ์คงเดิม
3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และผลิตภัณฑ์มากขึ้น
4. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์คงเดิม

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

การเพิ่มความเข้มข้นของกรดจะทำให้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น

เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แต่ปริมาณผลิตภัณฑ์เท่าเดิม

ภาพที่ 4.10 มโนคติลาดเคลื่อนเกี่ยวกับผลของความเข้มข้นต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และ ปริมาณของสารผลิตภัณฑ์

จากภาพที่ 4.10 จะเห็นได้ว่านักเรียนมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนว่า การเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้นแต่ผลิตภัณฑ์ยังคงมีปริมาณเท่าเดิม คิดเป็นร้อยละ 19.05 โดยมีมโนคติ

ที่ถูกต้องคือ การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และข้อมูลจากข้อสอบจะเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดแอสติกกับหินปูนที่มากเกินไป ดังนั้นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะสิ้นสุดลงเมื่อกรดแอสติกหมด กรดแอสติกจึงทำหน้าที่เป็นสารกำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดแอสติก ก็จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้นด้วย

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อศึกษาการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก และอุปกรณ์เก็บแก๊ส มโนมติวิทยาศาสตร์ ความก้าวหน้าทางการเรียน มโนมติตลาดเคลื่อนและผัดก่อนเรียน และหลังเรียน สามารถสรุปผลการวิจัย และมีข้อเสนอแนะดังนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

##### 5.1.1 ผลการศึกษาการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก และอุปกรณ์เก็บแก๊สของนักเรียน

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผ่านกระบวนการจัดการเรียนรู้ 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 ขั้นก่อนทำกิจกรรมสะเต็ม และตอนที่ 2 ขั้นทำกิจกรรมสะเต็ม ซึ่งประกอบไปด้วย 7 ขั้นตอนย่อย ได้แก่ 1) กำหนดปัญหาหรือความต้องการ 2) รวบรวมข้อมูล และเลือกวิธีการแก้ปัญหา 3) ออกแบบและปฏิบัติการ 4) ทดสอบประสิทธิภาพ 5) การปรับปรุงแก้ไข 6) สรุปและขยายความรู้ และ 7) ประเมินผล ซึ่งนักเรียนสามารถออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กและอุปกรณ์เก็บแก๊สได้ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยแต่ละกลุ่มมีคะแนนร้อยละ 70.00 ขึ้นไป

##### 5.1.2 ผลการศึกษาคะแนนมโนมติวิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าทางการเรียน

5.1.2.1 นักเรียนมีคะแนนมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 มีคะแนนมโนมติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 5.1 เท่า คิดเป็นร้อยละ 70.22 (เพิ่มขึ้นสูงกว่าร้อยละ 50.00 ในทุกเนื้อหา) โดยเนื้อหาที่มีคะแนนร้อยละมโนมติสูงสุดคือ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 74.17 และเนื้อหาที่มีคะแนนร้อยละมโนมติต่ำสุดคือ แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 65.30

5.1.2.2 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ( $\langle g \rangle = 0.65$ ) โดยค่าความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุดและต่ำสุดมีค่า  $\langle g \rangle = 0.93$  และ 0.49 ตามลำดับ

5.1.2.3 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายเนื้อหา นักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนสูงสุดในรายเนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง ( $\langle g \rangle = 0.69$ )

และมีความก้าวหน้าทางการเรียนต่ำสุดในเนื้อหา แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี อยู่ในระดับปานกลาง ( $\langle g \rangle = 0.59$ )

5.1.2.4 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายบุคคล นักเรียนจำนวน 10 คน (ร้อยละ 23.81 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด) มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับสูง (high gain) และนักเรียนจำนวน 32 คน (ร้อยละ 76.19 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด) ที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง (medium gain) โดยไม่มีนักเรียนที่มีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับต่ำ (low gain)

5.1.2.5 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายข้อ นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนมากที่สุดแบบทดสอบข้อที่ 21 ( $\langle g \rangle = 0.97$ ) ซึ่งเป็นข้อสอบ เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ส่วนแบบทดสอบข้อที่ 3 เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนมีความก้าวหน้าน้อยที่สุด ( $\langle g \rangle = 0.27$ )

### 5.1.3 ผลการศึกษานิยมที่คลาดเคลื่อนและผิดของนักเรียน

5.1.3.1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีร้อยละผิดถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนเพิ่มขึ้นในทุกเนื้อหา คิดเป็นร้อยละ 57.22 และมีนิมิตคลาดเคลื่อนและผิดลดลง ( $\langle g \rangle = -0.05$  และ  $-1.97$  ตามลำดับ) โดยนิมิตหลังเรียนที่ถูกต้องมากที่สุด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 58.33 ( $\langle g \rangle = 0.58$ ) และเนื้อหาที่นักเรียนมีนิมิตหลังเรียนที่คลาดเคลื่อนมากที่สุด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 28.10 ( $\langle g \rangle = -0.05$ ) แต่อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบนิมิตคลาดเคลื่อนก่อนเรียนกับหลังเรียนในเนื้อหาเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า นักเรียนมีนิมิตคลาดเคลื่อนหลังเรียนลดลง ( $\langle g \rangle = -0.05$ ) ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนมีนิมิตหลังเรียนที่ผิดมากที่สุด เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 24.05 ( $\langle g \rangle = -1.59$ )

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

### 5.2.1 ข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

5.2.1.1 การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เป็นสิ่งใหม่สำหรับนักเรียน โดยนักเรียนแต่ละคนมีความสามารถในการเรียนรู้แตกต่างกัน ดังนั้นครูผู้สอนจะต้องคอยให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิดหรือคอยอำนวยความสะดวกในทุกขั้นตอน เพื่อให้ นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดได้ตามระยะเวลาที่กำหนด

5.2.1.2 ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา พบว่า ระยะเวลาที่นักเรียนใช้ในการจัดกิจกรรมในขั้นตอนการรวบรวมข้อมูล และเลือกวิธีการแก้ปัญหาใช้เวลาค่อนข้างนาน

โดยจะต้องสืบค้นข้อมูลต่าง ๆ วิเคราะห์ข้อมูลในเวลาเรียน ดังนั้นควรมีการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนโดยให้มีการสืบค้นข้อมูลล่วงหน้านอกเวลาเรียนก่อนทำกิจกรรมสะสม

5.2.1.3 การจัดกิจกรรมสะสมศึกษาในครั้งนี้ ในขั้นตอนหลังจากทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน ผู้วิจัยไม่ได้ให้นักเรียนปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ดีขึ้น เนื่องจากมีกิจกรรมที่ต้องเข้าร่วมกับทางโรงเรียนมากมาย รวมถึงชั่วโมงเรียนตรงกับหยุด ทำให้ขาดความต่อเนื่องในการจัดการเรียนการสอน ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้นำเสนอวิธีการปรับปรุงแก้ไขลงในใบงานสะสมแทนการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานจริง และครูผู้สอนอาจแก้ปัญหาโดยมีการสอนเสริมนอกเวลาเรียนเพิ่มเติมเพื่อให้เกิดความต่อเนื่องของกิจกรรมสะสม

5.2.1.4 เนื่องจากในกิจกรรมสะสมอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊ส ครูมีชิ้นงานให้นักเรียนดูเป็นตัวอย่าง ดังนั้นควรเพิ่มเกณฑ์การให้คะแนนความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เพื่อให้นักเรียนคิดแตกต่างจากผลงานของครู

5.2.1.5 ในกิจกรรมสะสมผู้เรียนขนาดเล็กไม่ได้อธิบายเกี่ยวกับค่าพลังงานก่อกัมมันต์ (activation energy:  $E_a$ ) กับอุณหภูมิโดยตรง ซึ่งมีผลต่อความเข้าใจโมติของนักเรียน ดังนั้นควรมีการเพิ่มกิจกรรมสะสมศึกษาในเรื่องดังกล่าวแทรกลงไปเป็นกิจกรรมย่อย

## 5.2.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยครั้งต่อไป

5.2.2.1 ในการจัดกิจกรรมสะสมศึกษาควรมีการร่วมมือกับครูในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้องร่วมกันมากขึ้น โดยกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันในทุกวิชาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้

5.2.2.2 ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิดขั้นสูง ความคิดสร้างสรรค์ ทักษะการแก้ปัญหา ความคงทนของการเรียนรู้ และศึกษาความพึงพอใจ เป็นต้น

5.2.2.3 ควรนำวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะสมศึกษาไปใช้ในการพัฒนาผู้เรียนในเนื้อหาอื่น ๆ

5.2.2.4 ปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนในส่วน of ชิ้นงาน และการออกแบบเชิงวิศวกรรม ให้มีความเหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงาน

เอกสารอ้างอิง

## เอกสารอ้างอิง

กระทรวงศึกษาธิการ. **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.**

กรุงเทพมหานคร: ครูสภาลาดพร้าว, 2551.

กวิน เชื้อมกลาง. “กิจกรรมสะเต็มหรรษา: ลูกโป่งน้ำบันจี้จัมป์”, **วารสาร สสวท.** 42(185): 26-29; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2556.

กฤษฎดา ชูสินคุณาวุฒิ. “รอบรู้เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม คืออะไร?”, **วารสาร สสวท.** 42(190): 37-41; กันยายน-ตุลาคม, 2557.

กมลทิพย์ บริบูรณ์ และกานต์ตระกูล วุฒิสเลา. “การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคการสอนแบบสาธิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน **การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา แห่งชาติ ครั้งที่ 34.** น. 1996-2500. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2558.

เกศินี อินถา ภาณุพัฒน์ ชัยวร และอนันดา รัชเวทย์. “การสร้างชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มหัศจรรย์ อยากรู โดยใช้แนวการสอน STEM กับพัฒนาการศึกษาในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย”, **วารสารครูพิบูล.** 2(1): 132-141; มิถุนายน, 2558.

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. **ชุดการเรียนรู้การสอน สำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1.** กรุงเทพมหานคร: ทบวงมหาวิทยาลัย, 2525.

จำลอง อบอุ่น และคณะ. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการ เรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน **การประชุมวิชาการ ระดับชาติและนานาชาติ งานเกษตรแฟร์นนทรีอีสาน ประจำปี 2559.** น. 333-342. สกลนคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตเฉลิมพระเกียรติ สกลนคร, 2559.

จินดา พรหมณัฐ เอกรัตน์ ศรีตัญญู และลัดดา มีสุข. “การพัฒนาความเข้าใจเรื่อง อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน”, **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น.** 15(4): 317-330; เมษายน, 2553.

ไชยา พรหมโส. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือ.** วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2558.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. “แนวคิดว่าเลือกของนักเรียนในวิชาเคมี”, **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัย สงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.** 9(2): 11-28; กรกฎาคม-ธันวาคม, 2551.

## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ณัฐริกา ฝายเมืองสูง. ความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง โมล  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้แบบสืบเสาะ 5 ขั้นตอนผสมผสาน  
กับเทคนิคกลุ่มแข่งขันในชั้นขยายความรู้. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต:  
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2559.
- ดาร์รัตน์ ชัยพิลา และสกนธ์ชัย ชะนูนันท์. “ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงาน  
ตามแนวคิด STEM Education เพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาอย่าง  
สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ปฏิกริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2”,  
วารสารศึกษาศาสตร์. 27(2): 98-109; พฤษภาคม-สิงหาคม, 2559.
- ธวัช ยะสุคำ. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิจารณ์ญาณ เรื่อง อัตราการ  
เกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ปริญญา  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2553.
- ธีรภา ไชยเดช สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ และวิภารัตน์ เชื้อชวด ชัยสิทธิ์. “การพัฒนาสมรรถนะ  
การแก้ปัญหาแบบร่วมมือด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิจัยเป็นฐานตามแนวคิดสะเต็ม  
ศึกษา เรื่อง เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์และผลิตภัณฑ์”, วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์  
เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 8(1): 51-66; มกราคม-มิถุนายน, 2560.
- นิตยา ภูผาบาง. การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง  
เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยบูรพา,  
2559.
- ผดุงยศ ดวงมาลา. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา. สงขลา: ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป  
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2523.
- นิพนธ์ จันเลน. “Inquiry กำลังจะหายไป”, วารสาร สสวท. 42(186): 6-9; มกราคม-กุมภาพันธ์,  
2557.
- นุรอาซีกัน สาและ ณัฐินี โมพันธ์ และมัยดี แวดราแมคู. “ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด  
สะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และ  
ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4”, วารสาร  
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์. 4(1): 42-53; มกราคม-มิถุนายน, 2560.
- ประมวล ศิริพันธ์แก้ว. “การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้”,  
วารสาร สสวท. 26(103): 8-10; ตุลาคม-ธันวาคม, 2541.



## เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- พลศักดิ์ แสงพรหมศร. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2558.
- พรทิพย์ ศิริภัทรชัย. “STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21”, **วารสารนักบริหาร**. 33(2): 49-56; เมษายน-มิถุนายน, 2556.
- พริณรัตน์ ปุณยลิขิต. “กิจกรรม STEAM Education รุปร่างมหัศจรรย์ที่ซ่อนอยู่ในแมลง บทเรียนจากสาธารณรัฐเกาหลีสู่บริบทการเรียนรู้แบบไทย”, **วารสาร สสวท**. 45(207): 6-11; กรกฎาคม- สิงหาคม, 2560.
- พนิดา กันยะกาญจน์ และศักดิ์ศรี สุภาพร. “การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะร่วมกับแบบเปรียบเทียบ เพื่อพัฒนานิคมิตทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5”, ใน **การประชุมวิชาการระดับชาติ “วิทยาศาสตร์วิจัย” ครั้งที่ 6**. น. 26-31. ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา, 2557.
- มนตรี จุฬาววัฒนทล. “สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม”, **วารสาร สสวท**. 42(185): 14-18; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2556.
- มรินทร์ โทผางษ์ และคณะ. “ความก้าวหน้าทางการเรียนและทักษะการทดลองในการเรียนเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย”, **วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้**. 5(1): 57-65; มกราคม, 2557.
- รักษพล ธนานวงศ์. “เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ”, **วารสาร สสวท**. 41(182): 15-20; พฤษภาคม-มิถุนายน, 2556.
- ฤทัย เพลงวัฒนา. “สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้วิชาโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ”, **วารสาร สสวท**. 42(185): 19-22; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2556.
- วิชัย ลาธิ และศักดิ์ศรี สุภาพร. “การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์”, **วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี**. 24(1): 29-52; มกราคม-เมษายน, 2556.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- ศรินภา ภาควิชา. การพัฒนาความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ รายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง แสงและทัศนอุปกรณ์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยวิธี PREDICT-OBSERVE-EXPLAIN(POE). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2554.
- ลำพูน สิงห์ขา. “การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย”, *วารสารศึกษาศาสตร์ขอนแก่น*. 35(2): 93-102; เมษายน-มิถุนายน, 2555.
- ศักดิ์ศรี สุภาพร. “กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย: การทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี”, *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*. 22(3): 331-343; กันยายน, 2554.
- \_\_\_\_\_. “บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับโมเลกุล”, *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 35(1): 1-7; มกราคม, 2555.
- ศานิกานต์ เสนิงค์. “การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยกบโอรังามิ”, *วารสาร สสวท*. 42(185): 30-31; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2556.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *คู่มือกิจกรรมสะเต็ม ระดับมัธยมศึกษา ปีที่ 4-6*. กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557.
- สนธิ พลชัยยา. “สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง”, *วารสาร สสวท*. 42(189): 7-10; กรกฎาคม-สิงหาคม, 2557.
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. “การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21”, *วารสาร สสวท*. 42(185): 10-13; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2556.
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. “สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21”, *วารสาร สสวท*. 42(186): 3-5; มกราคม-กุมภาพันธ์, 2557.
- สมเกียรติ เพ็ญทอง. (2556). “สะเต็มศึกษา นวัตกรรมการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ความรู้สะเต็มศึกษาไทย”, *สะเต็มศึกษา*. <http://www.krusmart.com/stem-education-innovation-thailand/>. 19 มกราคม, 2560.
- สมชาย พัฒนาชวนชม. “เชื่อมต่อ STEM ด้วยโครงงานและ ICT สู่ศตวรรษที่ 21”, *วารสาร สสวท*. 42(186): 25-28; มกราคม-กุมภาพันธ์, 2557.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- เสาวนีย์ สังฆะซี และวรรณจริย์ มั่งสิงห์. “ความเข้าใจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง บรรยากาศของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภายหลังการใช้ยุทธศาสตร์การสอนเพื่อเปลี่ยนมโนคติของ Hewson & Hewson (2003)”. **วารสารศึกษาศาสตร์ ฉบับวิจัยบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยขอนแก่น**. 6(2): 186-195; เมษายน-มิถุนายน, 2555.
- สุรยศ ทรัพย์ประกอบ อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ และพินธุธิฐ กลิ่นขจร. รายงานการดำเนินโครงการดำเนินโครงการ “การพัฒนาครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวคิด STEM”. กรุงเทพมหานคร: โรงเรียนมัธยมวัดสิงห์, 2556.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. “เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา”, **วารสาร สสวท**. 42(185): 35-37; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2556.
- อุมาพร จารุสมบัติ. “โครงการ GLOBE กับสะเต็มศึกษา”, **วารสาร สสวท**. 43(191): 16-19; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2557.
- อุภากร จิระพันธุ์. “สะเต็มศึกษา ของใหม่สำหรับประเทศไทยหรือไม่”, **วารสาร สสวท**. 42(185): 32-34; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2556.
- อินดาธ รัชเวทย์ ฐิณีปกรณ์ สมแก้ว และปภาวี อุปธิ. “การพัฒนาทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2”, **วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น**. 11(3): 226-238; กรกฎาคม-กันยายน, 2560.
- Breiner, J.M. and et al. “What is STEM? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships”, **School Science and Mathematics**. 112(1): 3-11; January, 2012.
- Burrows, A., Breiner, J., Keiner, J., & Behm, C. “Biodiesel and integrated STEM: Vertical alignment of high School biology/biochemistry and chemistry”, **Journal of Chemical Education**. 91(9): 1379-1389; August, 2014.
- Cakmakci, G. “Identifying Alternative Conceptions of Chemical Kinetics among Secondary School and Undergraduate Students in Turkey”, **Journal of Chemical Education**. 84(6): 449-455; April, 2010.
- Clement, J. “Using bridging analogies and anchoring intuitions to deal with students' preconceptions in physics”, **Journal of Research in Science Teaching**. 30(10): 1241-1257; December, 1993.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Dowey, A.L. **Attitudes, Interest, and Perceived Self-efficacy toward Science of Middle School Minority Female Students: Considerations for their Low Achievement and Participation in STEM Disciplines.** Doctoral Dissertations: University of California, 2013.
- Diana, L.R. (2012). “Integrated STEM Education through Project-Based Learning”, <http://www.rondout.k12.ny.us/common/page/Display-File.aspx?itemId=16466975>. March, 2017.
- Good, C.V. **Dictionary of Education.** 3<sup>rd</sup> ed. New York: McGraw-Hill Book Co, 1973.
- Han, S., Capraro, R. and Capraro, M. M. “How Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Project-based Learning (PBL) affects High, Middle and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement”, **International Journal of Science and Mathematics Education.** 13(5): 1089-1113; October, 2015.
- Hake, R. R. “Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses”, **American Journal of Physics.** 61(1): 64-74; November, 1998.
- Lantz, H.B. (2009). “Science, Technology, Engineering, and mathematics (STEM) Education What Form? What Function?”, <http://www.curretech-integrations.com/Pdf/STEMEducationArticle.pdf>. March, 2017.
- Levine, M. and et al. “Addressing the STEM Gender Gap by Designing and Implementing an Educational Outreach Chemistry Camp for Middle School Girls”, **Journal of Chemical Education.** 92: 1639-1644; September, 2015.
- O’Neil, T.L., Yamagata, J.Y. and Togioka, S. “Teaching STEM Means Teacher Learning”, **Phi Delta Kappan.** 94(1): 36–40; September, 2012.
- Supasorn, S. and Promarak, V. “Implementation of 5E inquiry Incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students”, **Chemistry Education Research and Practice.** 16: 121-132; October, 2015.

### เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- Sirhan, G. “Learning difficulties in chemistry: An overview”, **Journal of Turkish Science Education**. 4(2): 2-20; January, 2007.
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S. and Chen, W. “Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PBL) Environment”, **International Journal of Science and Mathematics Education**. 23(1): 1-16; February, 2011.
- Vasquez, J. A., Sneider, C. and Comer, A. **STEM lesson essential: Grade 3-8**. New Hampshire: Heinemann, 2013.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



**โรงเรียนกระสังพิทยาคม**  
**แบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**  
**วิชาเคมี 3 รหัสวิชา ว32223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560**

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้มีทั้งหมด จำนวน 30 ข้อ คะแนนเต็ม 60 คะแนน
2. แบบทดสอบฉบับนี้ แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ
  - ส่วนที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก (30 คะแนน)
  - ส่วนที่ 2 เป็นแบบอธิบายเหตุผลของคำตอบ (30 คะแนน)
3. เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ 90 นาที
4. ในการตอบให้ผู้เข้าสอบทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในช่องตัวเลือกที่ถูกต้องที่สุด  
เพียงข้อเดียว พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลของคำตอบ
5. ห้ามนำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกจากห้องสอบ

**ผลการเรียนรู้ข้อที่ 1** อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์ การชนกันของอนุภาค และการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ได้

**ผลการเรียนรู้ข้อที่ 2** สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายเกี่ยวกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีได้

**1. พิจารณาปรากฏการณ์ต่อไปนี้**

- |                                              |                                      |
|----------------------------------------------|--------------------------------------|
| ก. ปฏิกิริยาระหว่างน้ำยาล้างห้องน้ำกับโซดาไฟ | ข. การระเหิดของลูกเหม็นในตู้เสื้อผ้า |
| ค. การจุดประทัด                              | ง. น้ำแข็งละลายเมื่อวางทิ้งไว้       |
| จ. การใส่ปุ๋ยยูเรียลงไปในน้ำ                 | ฉ. โซดาไฟละลายในน้ำ                  |

ข้อใดเป็นปรากฏการณ์ที่คายความร้อน

- |               |               |               |               |
|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1. ก, ค และ ฉ | 2. ก, ง และ จ | 3. ข, ค และ ง | 4. ข, ง และ ฉ |
|---------------|---------------|---------------|---------------|

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....



## 2. ข้อความใดไม่ถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น

1. การลดพลังงานก่อกัมมันต์จะทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วขึ้น
2. การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้พลังงานจลน์เฉลี่ยของอนุภาคที่ทำปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นอีกด้วย
3. การเพิ่มอุณหภูมิจะเพิ่มอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในปฏิกิริยาแบบดูดพลังงาน และจะลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาในปฏิกิริยาแบบคายพลังงาน
4. ตัวเร่งปฏิกิริยา จะทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น เนื่องจากตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้ทิศทางการดำเนินไปของปฏิกิริยาเปลี่ยนในลักษณะลดพลังงานก่อกัมมันต์

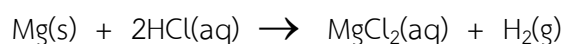
อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

## 3. ในปฏิกิริยาการเตรียมแก๊ส $H_2$ จาก Mg กับสารละลายกรด HCl ดังนี้



เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบขึ้น พลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

1. คงที่
2. เพิ่มขึ้น
3. ลดลง
4. สรุปไม่ได้

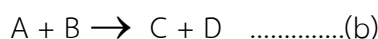
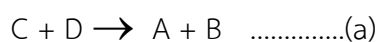
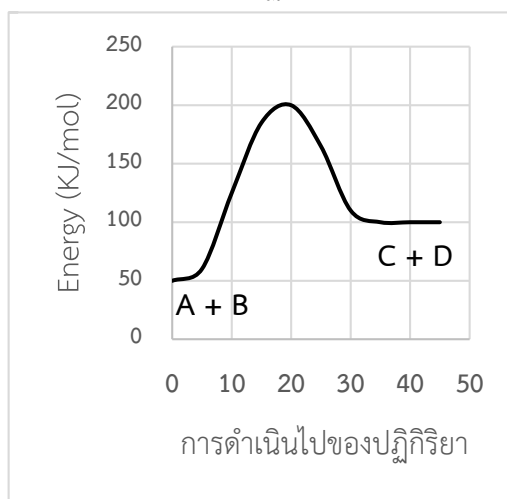
อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

## 4. พิจารณากราฟ และปฏิกิริยาต่อไปนี้



ข้อใดถูกต้องทั้งหมดเกี่ยวกับ ปฏิกริยา (a) และ (b)

1. (a) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน มีพลังงานกระตุ้น 100 KJ/mol
2. (a) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน มีพลังงานกระตุ้น 150 KJ/mol
3. (b) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน มีพลังงานกระตุ้น 150 KJ/mol
4. (b) เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน มีพลังงานกระตุ้น 100 KJ/mol

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

5. ปฏิกริยาต่อไปนี้เมื่อทดลองที่อุณหภูมิเดียวกัน โดยใช้ความเข้มข้นของสารตั้งต้นทุกชนิดเท่ากันดังนี้



ข้อใดถูกต้อง

1. ปฏิกริยา (I) เกิดง่ายสุด
2. ปฏิกริยา (II) เกิดง่ายกว่าปฏิกริยา (III)
3. ปฏิกริยา (I) คายพลังงานมากที่สุด
4. เรียงลำดับพลังงานที่ดูดจากมากไปน้อย (I) > (II) > (III)

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

6. ถ้าปฏิกิริยา  $3O_2(g) \rightarrow 2O_3(g)$  เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน 140 kJ/mol มีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) เท่ากับ 430 kJ ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาย้อนกลับในหน่วย kJ คือข้อใด

1. 140
2. 290
3. 430
4. 670

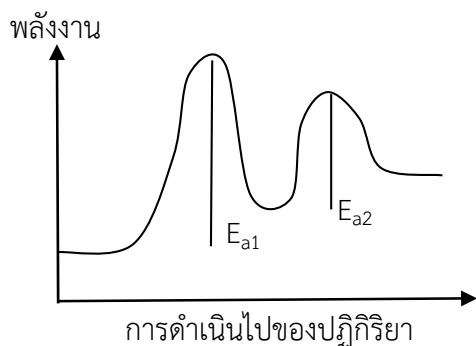
อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

7. ข้อใดอธิบายเกี่ยวกับกราฟที่กำหนดให้ต่อไปนี้ ไม่ถูกต้อง



1. เป็นปฏิกิริยาชนิดดูดความร้อน
2. เป็นปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น 2 ขั้นตอน
3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่ค่า  $E_{a1}$
4. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้นอยู่ค่า  $E_{a2}$

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

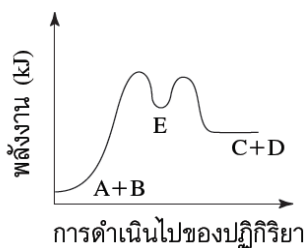
8. ปฏิกิริยา  $A + B + 129 \text{ KJ} \rightarrow C + D$  ประกอบด้วยปฏิกิริยาย่อย 2 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1  $A + B \rightarrow E$  (เกิดเร็ว)

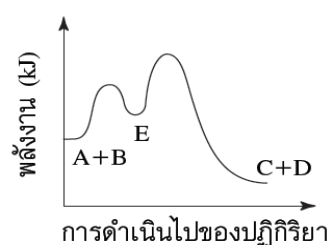
ขั้นที่ 2  $E \rightarrow C + D$  (เกิดช้า)

กราฟข้อใดสอดคล้องกับข้อมูล

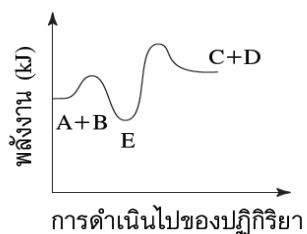
1.



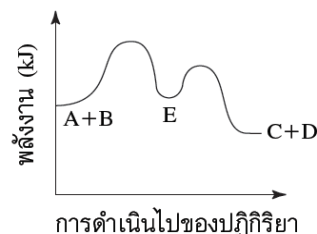
2.



3.



4.



อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

9. พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้  $A + 2B \rightleftharpoons 3C + 5D$  พลังงานของสารตั้งต้น A และ B น้อยกว่าพลังงานของ C และ D อยู่ 210 kJ ถ้าค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาย้อนกลับเท่ากับ 480 kJ พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาไปข้างหน้ามีค่าเท่าใด และปฏิกิริยาไปข้างหน้ามีการเปลี่ยนแปลงพลังงานแบบใด

1. 270 kJ, คายความร้อน

2. 270 kJ, ดูดความร้อน

3. 690 kJ, คายความร้อน

4. 690 kJ, ดูดความร้อน

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

ใช้ข้อมูลของปฏิกิริยาต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 10

ก.  $HCl + NaOH$

ข.  $H_2NCONH_2 + HCOOH$

ค.  $CH_3COOH + CaCO_3$

ง.  $KMnO_4 + H_2O_2$

จ.  $NaOH + CH_3COOH$

ฉ.  $H_3C_6H_5O_7 + NaHCO_3$

10. หากวันหนึ่งเกิดไฟฟ้าดับเป็นเวลานาน นักเรียนรู้สึกกระหายน้ำเย็นมาก น้ำแข็งก็ละลายหมด จึงประดิษฐ์ตู้เย็นขนาดเล็กขึ้นมาเพื่อต้องการให้น้ำดื่มเย็นขึ้น นักเรียนควรเลือกปฏิกิริยาใดเพื่อเป็นแหล่งให้ความเย็นแก่ขวดน้ำดื่ม

1. ก, ข และ ค

2. ง, จ และ ฉ

3. ก, ง และ จ

4. ข, ค และ ฉ

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

**ผลการเรียนรู้ข้อที่ 3** อธิบายความหมาย ทดลองและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

**11. พิจารณาข้อความต่อไปนี้**

- ก. วัดจากสารตั้งต้นที่ลดลงเทียบกับเวลา
- ข. วัดจากสารตั้งต้นที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเวลา
- ค. วัดจากสารผลิตภัณฑ์ที่ลดลงเทียบกับเวลา
- ง. วัดจากสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเวลา
- จ. วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เฉพาะสารตั้งต้น
- ฉ. วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เฉพาะสารผลิตภัณฑ์
- ช. วัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ทั้งสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ทุกตัวที่อยู่ในปฏิกิริยา

ข้อใดถูกต้องเกี่ยวกับการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

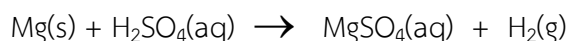
1. ก, ข และ จ      2. ค, ง และ ฉ      3. ก, ง และ ช      4. ข, ค และ ช

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

**12. ปฏิกิริยาเคมีระหว่างลวดแมกนีเซียมกับสารละลายกรดซัลฟิวริกเป็นดังสมการ**


บันทึกเวลาในการเกิดแก๊ส  $\text{H}_2$  เริ่มต้นจนถึงปริมาตร  $10 \text{ cm}^3$  ดังตาราง

|                                                |   |    |    |    |    |
|------------------------------------------------|---|----|----|----|----|
| ปริมาตร $\text{H}_2$ ที่เกิด ( $\text{cm}^3$ ) | 2 | 4  | 6  | 8  | 10 |
| เวลาที่ใช้ (s)                                 | 5 | 10 | 17 | 28 | 40 |

จากข้อมูลในตาราง อัตราเฉลี่ยในการเกิดแก๊ส  $\text{H}_2$  มีค่าเท่าใดในหน่วย  $\text{cm}^3/\text{s}$

1. 0.23      2. 0.25      3. 4.00      4. 4.38

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 13-15

แคลเซียมคาร์บอเนตทำปฏิกิริยากับกรดจะได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ นักเรียนคนนี้ใช้แคลเซียมคาร์บอเนตจำนวน 5.00 กรัม ทำปฏิกิริยากับสารละลายกรดเจือจาง โดยวัดปริมาตรแก๊ส  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นทุก ๆ 2 นาที เมื่อสิ้นสุดการทดลองยังคงมี  $\text{CaCO}_3$  หลงเหลืออยู่และได้บันทึกเป็นข้อมูลดังนี้

| เวลา(นาที)                              | 0 | 2    | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 14   | 16   | 18   |
|-----------------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ปริมาตร $\text{CO}_2$ ( $\text{cm}^3$ ) | 0 | 20.1 | 27.6 | 33.5 | 37.5 | 40.7 | 42.2 | 42.5 | 42.5 | 42.5 |

13. ปฏิกิริยาดังกล่าวสิ้นสุดลงเมื่อเวลาผ่านไปกี่นาที

1. 12 นาที                      2. 14 นาที                      3. 16 นาที                      4. 18 นาที

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

14. อัตราการเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2$  ในช่วงเวลา 6-8 นาที ต่างจากอัตราการเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2$  เฉลี่ยเท่าใด

1.  $1.04 \text{ cm}^3/\text{min}$                       2.  $0.66 \text{ cm}^3/\text{min}$   
 3.  $0.36 \text{ cm}^3/\text{min}$                       4.  $2.54 \text{ cm}^3/\text{min}$

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

15. จากผลการทดลองนี้ ข้อใดถูกต้อง

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงแรก ๆ เร็วกว่าในช่วงหลัง ๆ
2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงใดช่วงหนึ่งจะเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย
3. ถ้าเขียนกราฟระหว่างเวลาและปริมาตรของแก๊ส  $\text{CO}_2$  ที่เกิดขึ้นจะได้กราฟเส้นตรง
4. อัตราการเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2$  จะแปรผันตรงกับเวลาที่ใช้ในการเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2$  นั้น

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

16. จากปฏิกิริยาที่ยังไม่ดุล  $\text{NH}_3(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{NO}(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$  ถ้าอัตราการลดลงของ  $\text{NH}_3$  เป็น  $5 \text{ mol/dm}^3\text{-s}$ . อยากทราบว่าอัตราการลดลงของ  $\text{O}_2$  เป็นเท่าใด

- |                                       |                                       |
|---------------------------------------|---------------------------------------|
| 1. $2.5 \text{ mol/dm}^3\text{-s}$ .  | 2. $5.0 \text{ mol/dm}^3\text{-s}$ .  |
| 3. $6.25 \text{ mol/dm}^3\text{-s}$ . | 4. $7.25 \text{ mol/dm}^3\text{-s}$ . |

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

17. ในเปลือกหอยมี  $\text{CaCO}_3$  เป็นองค์ประกอบหลัก พบว่า  $\text{CaCO}_3$  เกิดปฏิกิริยาได้กับ  $\text{HCl}$  ดังสมการ



ในการทดลองนำเปลือกหอยชนิดหนึ่ง  $2.5 \text{ g}$  มาบดให้ละเอียดแล้วทำปฏิกิริยากับ  $\text{HCl}$  เข้มข้น  $0.15 \text{ M}$  ปริมาตร  $200 \text{ mL}$  แล้ววัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา พบว่าอัตราการเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2 = 0.00125$  โมล/นาที

อยากทราบว่า อัตราการหายไปของน้ำหนักเปลือกหอยคิดเป็นกี่กรัม/นาที

- |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| 1. 0.100 | 2. 0.125 | 3. 0.200 | 4. 0.250 |
|----------|----------|----------|----------|

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

18. จากสมการที่ยังไม่ดุล  $\text{N}_2\text{O}_5(\text{g}) \rightarrow \text{NO}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$  การสลายตัวของ  $\text{N}_2\text{O}_5$  มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นดังนี้

| เวลา (s) | ความเข้มข้นของ $\text{N}_2\text{O}_5$ (M) |
|----------|-------------------------------------------|
| 0        | X                                         |
| 500      | 3.5                                       |
| 1000     | 2.5                                       |
| 1500     | 1.8                                       |
| 2000     | 1.2                                       |

ถ้าอัตราการสลายตัวของ  $\text{N}_2\text{O}_5$  เป็น  $1.9 \times 10^{-3} \text{ M/s}$  ข้อใดเป็นค่าของ X

1. 5.0 M
2. 6.0 M
3. 7.5 M
4. 8.8 M

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....

19. ปฏิกิริยา  $2\text{NH}_3 \rightarrow \text{N}_2 + 3\text{H}_2$  ที่  $300^\circ\text{C}$  พบว่าความเข้มข้นของ  $\text{NH}_3$  ลดลง จาก 0.0150 M เป็น 0.0020 M ในเวลา 100 วินาที จงคำนวณอัตราการเกิด  $\text{N}_2$  ในหน่วย M/s

1.  $1.3 \times 10^{-4}$
2.  $2.6 \times 10^{-4}$
3.  $4.3 \times 10^{-5}$
4.  $6.5 \times 10^{-5}$

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

.....

.....



20. อีร์ซิลป์ เป็นเด็กช่างสังเกต วันหนึ่งเขาสังเกตเห็นปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่อยู่ในบ้านที่มีทั้งเกิดปฏิกิริยาเร็วและเกิดปฏิกิริยาช้า เขาจึงสนใจในเรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมาก จึงได้สร้างอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สอย่างง่ายขึ้นมา แต่ปัญหาคือเขาต้องการศึกษาอัตราของปฏิกิริยาที่ทำให้ได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลิตภัณฑ์ แต่ไม่รู้ว่าจะเลือกใช้สารที่มีในบ้านตัวไหนมาทดลอง

หากนักเรียนเป็นอีร์ซิลป์ควรเลือกสารคู่ใดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

1. ด่างทับทิมทำปฏิกิริยากับน้ำยาล้างแผล
2. ผงฟูทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชู
3. ปูนขาวทำปฏิกิริยากับน้ำยาล้างห้องน้ำ
4. เปลือกไข่ทำปฏิกิริยากับน้ำยาล้างแผล

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

.....

**ผลการเรียนรู้ที่ 4** อธิบายความหมาย ทดลองและระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

21. ข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

1. เพิ่มอุณหภูมิ ลดความดัน
2. เพิ่มพื้นที่ผิว ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา
3. เพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น เพิ่มพลังงานก่อกัมมันต์
4. เพิ่มพื้นที่ผิว เพิ่มขนาดภาชนะที่บรรจุ

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

22. การทดลองในข้อใดมีอัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงที่สุดที่อุณหภูมิเดียวกัน

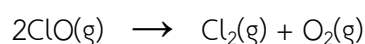
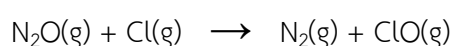
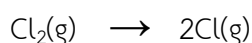
1. ใส่แผ่นสังกะสี 1 ชิ้น หนัก 1 กรัม ลงในกรด HCl 0.1 mol/dm<sup>3</sup>
2. ใส่แผ่นสังกะสี 2 ชิ้น หนักชิ้นละ 0.5 กรัม ลงในกรด HCl 0.2 mol/dm<sup>3</sup>
3. ใส่สังกะสีผงละเอียด หนัก 1 กรัม ลงในกรด HCl 0.1 mol/dm<sup>3</sup>
4. ใส่สังกะสีผงละเอียดหนัก 1 กรัม ลงในกรด HCl 0.2 mol/dm<sup>3</sup>

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

23. ปฏิกิริยาการสลายตัวของ N<sub>2</sub>O ในสภาวะที่มีก๊าซคลอรีนอยู่ด้วย มีกลไกดังนี้



ตัวเร่งปฏิกิริยาในปฏิกิริยานี้ คือ

1. Cl<sub>2</sub>(g)
2. Cl(g)
3. ClO(g)
4. O<sub>2</sub>(g)

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

24. พิจารณาการทดลอง X, Y และ Z เพื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะกับกรดไฮโดรคลอริก ต่อไปนี้

| การทดลอง | กิจกรรม                                                                                |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| X        | ใส่ก้อนทองแดงมวล 0.5 กรัม ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.4 mol/L                  |
| Y        | ใส่ก้อนแมกนีเซียมมวล 0.5 กรัม ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 mol/L              |
| Z        | ใส่ก้อนแมกนีเซียมมวล 0.1 กรัม จำนวน 5 ก้อน ลงในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 mol/L |

การเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากการทดลองข้างต้น ข้อใดถูกต้อง

1. X > Y
2. Y > Z
3. Z > Y
4. Y = Z

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

25. เมื่อใส่ 1 M HCl 25 cm<sup>3</sup> ลงในหินปูนชิ้นเล็ก ๆ จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

การเปลี่ยนแปลงข้อใดที่ไม่ทำให้อัตราของปฏิกิริยาเริ่มต้นเพิ่มขึ้น

- |                                    |                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. ใช้ 1 M HCl 100 cm <sup>3</sup> | 2. ใช้ 2 M HCl 25 cm <sup>3</sup> |
| 3. ใช้ 2 M HCl 50 cm <sup>3</sup>  | 4. บดหินปูนให้เป็นผงละเอียด       |

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

26. ปฏิกิริยา  $A(s) + B(aq) \rightarrow C(aq) + D(aq)$  เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน อัตราการเกิด

ปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้นเมื่อใด

1. ลดขนาดของ A เพิ่มความเข้มข้นของ B ลดอุณหภูมิ
2. ลดปริมาณของ D เพิ่มความเข้มข้นของ B ลดอุณหภูมิ
3. เพิ่มขนาดของ A ลดความดัน เพิ่มอุณหภูมิ
4. ลดขนาดของ A เติมตัวเร่งปฏิกิริยา เพิ่มอุณหภูมิ

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

จากการกระทำต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 27

- |                        |                              |
|------------------------|------------------------------|
| ก. ลดอุณหภูมิ          | ค. ลดความดันของแก๊ส          |
| ข. เพิ่มความดันของแก๊ส | ง. เพิ่มพื้นที่ผิวของของแข็ง |

27. จากปฏิกิริยาระหว่างของแข็งและแก๊สปฏิกิริยาหนึ่งซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้เอง ถ้าต้องการให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นควรทำตามข้อใด

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

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

28. ในการศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างหินปูน ( $\text{CaCO}_3$ ) ที่มากเกินไปกับกรดแอซิก ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) ที่มีความเข้มข้น  $0.5 \text{ mol/L}$  ปริมาณ  $20 \text{ cm}^3$  ที่  $28^\circ\text{C}$  ถ้าเปลี่ยนความเข้มข้นของกรดเป็น  $1.0 \text{ mol/L}$  ในปริมาณ และอุณหภูมิเท่าเดิม ข้อความใดถูกต้องที่สุด

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ แต่ผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น
2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาคงที่ และผลิตภัณฑ์คงเดิม
3. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น และผลิตภัณฑ์มากขึ้น
4. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แต่ผลิตภัณฑ์คงเดิม

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

.....

29. ในการทดลองหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของปฏิกิริยาระหว่างเปลือกไข่ ( $\text{CaCO}_3$ )  $0.2 \text{ g}$  กับ น้ำส้มสายชู ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )  $0.2 \text{ M}$  ปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ



หากต้องการปริมาณของแก๊ส  $\text{CO}_2$  ให้ได้มากที่สุด โดยวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาใน 2 นาที ควรเลือกใช้สภาวะใด

| ข้อ | $\text{CH}_3\text{COOH}$ (M) | $\text{CaCO}_3$ (g)            | อุณหภูมิ( $^\circ\text{C}$ ) | อื่น ๆ   |
|-----|------------------------------|--------------------------------|------------------------------|----------|
| 1   | เพิ่มความเข้มข้น             | เปลือกไข่ขนาดใหญ่ไม่ผ่านตะแกรง | 25                           | -        |
| 2   | ลดความเข้มข้น                | บดละเอียดผ่านตะแกรง            | 25                           | เติม NaF |
| 3   | เพิ่มความเข้มข้น             | เปลือกไข่ขนาดใหญ่ไม่ผ่านตะแกรง | 45                           | เติม NaF |
| 4   | เพิ่มความเข้มข้น             | บดละเอียดผ่านตะแกรง            | 45                           | -        |

อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

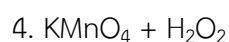
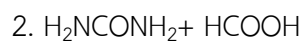
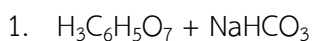
.....

.....

.....

30. “เด็กชายวีรวัฒน์ เป็นเด็กที่ชอบเลี้ยงปลาทองซึ่งต้องมีเครื่องให้ออกซิเจนแก่ปลาทองตลอดเวลา ในคืนวันหนึ่งเกิดเหตุการณ์ฝนตกหนักและไฟดับเป็นเวลานาน ทำให้เครื่องให้ออกซิเจนหยุดทำงาน เด็กชายวีรวัฒน์ จึงคิดหาวิธีทำเครื่องให้ออกซิเจนในตู้ปลาขึ้นเองเพื่อช่วยชีวิตของปลาทองที่เขารักมาก โดยใช้สิ่งของและสารเคมีที่มีอยู่ในบ้านของเขา แต่ไม่รู้จะเลือกใช้สารใดมาทำปฏิกิริยาเพื่อเพิ่มออกซิเจนในตู้ปลา”

ถ้านักเรียนเป็นเด็กชายวีรวัฒน์ นักเรียนจะเลือกใช้สารคู่ใดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นออกซิเจนในตู้ปลา



อธิบายเหตุผลของคำตอบ

.....

.....

.....

.....

เฉลยแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

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

1. ตอบข้อ 1

เหตุผลของคำตอบ

- ก. ปฏิกิริยาระหว่างน้ำยาล้างห้องน้ำกับโซดาไฟ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน
- ข. การระเหิดของลูกเหม็นในตู้เสื้อผ้า เป็นปรากฏการณ์ที่ดูดความร้อนเพื่อให้ลูกเหม็นเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นแก๊ส
- ค. การจุดประทัด เป็นปรากฏการณ์ที่คายความร้อน เมื่อประทัดระเบิดจึงให้ความร้อนและเสียง
- ง. น้ำแข็งละลายเมื่อวางทิ้งไว้ เป็นปรากฏการณ์ที่ดูดความร้อน เพื่อให้ น้ำแข็งละลาย
- จ. การใส่ปุ๋ยยูเรียลงในน้ำ เป็นการละลายแบบดูดความร้อน
- ฉ. โซดาไฟ (NaOH) ละลายในน้ำ เป็นปรากฏการณ์ที่คายความร้อนของสารละลายจึงทำให้ปึกเกอร์ร้อนขึ้น
- ดังนั้น ข้อ ก., ค. และ ฉ. เป็นปรากฏการณ์ที่คายความร้อน ตอบข้อ 1

2. ตอบข้อ 3

เหตุผลของคำตอบ ไม่ว่าจะเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานหรือคายพลังงาน การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเร็วขึ้นเสมอ

### 3. ตอบข้อ 1

**เหตุผลของคำตอบ** ปฏิกิริยาเดียวกันเปลี่ยนอุณหภูมิ พลังงานก่อกัมมันต์คงที่ ไม่เปลี่ยนแปลง (การเพิ่มอุณหภูมิ เป็นการทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเพิ่มขึ้น จึงทำให้โมเลกุลมีโอกาสชนกันมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดเร็วขึ้น)

### 4. ตอบข้อ 3

**เหตุผลของคำตอบ**

(a) เป็นปฏิกิริยาย้อนกลับแบบคายความร้อน มีค่าพลังงานกระตุ้น  $= 200 - 100 = 100$  KJ/mol

(b) เป็นปฏิกิริยาไปข้างหน้าแบบดูดความร้อน มีค่าพลังงานกระตุ้น  $= 200 - 50 = 150$  KJ/mol

ดังนั้น ข้อ 3 ถูก

### 5. ตอบข้อ 2

**เหตุผลของคำตอบ** เพราะ ปฏิกิริยาที่ II มีค่า  $E_a$  ต่ำที่สุด จึงเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายที่สุด (ค่า  $E_a$  จะบ่งบอกว่าปฏิกิริยานั้น เกิดง่ายหรือยากเท่านั้น;  $E_a$  ต่ำ เกิดง่าย  $E_a$  สูงเกิดยาก)

### 6. ตอบข้อ 2

**เหตุผลของคำตอบ**  $E_a$  ย้อนกลับ  $= 430 - 140 = 290$  KJ

### 7. ตอบข้อ 4

**เหตุผลของคำตอบ** กราฟนี้เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนโดยเกิดขึ้น 2 ขั้นตอน ซึ่งขั้นกำหนดอัตรา การเกิดปฏิกิริยาคือขั้นที่ 1 หรืออัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นกับค่า  $E_{a1}$

### 8. ตอบข้อ 3

**เหตุผลของคำตอบ** เนื่องจากเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน พลังงานของสารตั้งต้นจะน้อยกว่า พลังงานของผลิตภัณฑ์และขั้นที่เกิดซ้ำคือขั้นที่ 2 เพราะฉะนั้นพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) ของขั้นที่ 2 จะมีความมากกว่าขั้นที่ 1 ซึ่งตรงกับกราฟข้อที่ 3

### 9. ตอบข้อ 4

**เหตุผลของคำตอบ** พลังงานของสารตั้งต้นน้อยกว่าพลังงานงานของสารผลิตภัณฑ์ ดังนั้น เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน โดยพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาไปข้างหน้า  $= (480 + 210)$  KJ  $= 690$  KJ

## 10. ตอบข้อ 4

**เหตุผลของคำตอบ** เนื่องจากปฏิกิริยาในข้อ ข ค และ ง เป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน จึงสามารถทำปฏิกิริยาแล้วเป็นแหล่งให้ความเย็นได้

## 11. ตอบข้อ 3

**เหตุผลของคำตอบ** การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาสามารถวัดได้จากสารทุกตัวที่มีอยู่ในปฏิกิริยา โดยเลือกจากสารที่สะดวก ง่ายต่อการทดลอง และให้ผลของความคลาดเคลื่อนจากการทดลองน้อยที่สุด โดยหากเลือกสารตั้งต้นจะสามารถหาอัตราได้จากปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงเทียบกับเวลา หรือถ้าหากเลือกสารผลิตภัณฑ์ สามารถหาอัตราได้จากปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่เพิ่มขึ้นเทียบกับเวลา

## 12. ตอบข้อ 2

**เหตุผลของคำตอบ** อัตราเฉลี่ย =  $(10-0)/(40-0) \text{ cm}^3/\text{s} = 0.25 \text{ cm}^3/\text{s}$

## 13. ตอบข้อ 2

**เหตุผลของคำตอบ** ปริมาตรแก๊ส  $\text{CO}_2$  เริ่มคงที่ตั้งแต่เวลา 14 นาที ดังนั้นปฏิกิริยาจึงสิ้นสุดที่ 14 นาที

## 14. ตอบข้อ 1

**เหตุผลของคำตอบ** อัตราช่วงเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2$  ปริมาตร 6-8 นาที =  $(37.5-33.5)/(8-6)$   
 $= 2.00 \text{ cm}^3/\text{s}$   
 อัตราการเกิดแก๊ส  $\text{CO}_2$  เฉลี่ย =  $(42.5-0)/(14-0)$   
 $= 3.04 \text{ cm}^3/\text{s}$   
 ผลต่าง =  $3.04 - 2.00 = 1.04 \text{ cm}^3/\text{s}$

## 15. ตอบข้อ 1

**เหตุผลของคำตอบ** อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงแรกๆ จะเร็ว เนื่องจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะมาก เมื่อเวลาผ่านไปจะช้าลงเนื่องจากความเข้มข้นของสารตั้งต้นหรือเนื้อสารลดลงอัตราจึงช้าลง และปฏิกิริยาสิ้นสุดเมื่อสารตั้งต้นหมด



## 16. ตอบข้อ 3

เหตุผลของคำตอบ ดุลสมการได้ดังนี้  $4\text{NH}_3(\text{g}) + 5\text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 4\text{NO}(\text{g}) + 6\text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$$-\frac{1}{4}\text{Rate of NH}_3 = -\frac{1}{5}\text{Rate of O}_2$$

$$\text{Rate of O}_2 = \frac{5}{4}\text{Rate of NH}_3 = \frac{5}{4} \times 5 \text{ mol/dm}^3\text{-s.}$$

$$\text{Rate of O}_2 = 6.25 \text{ mol/dm}^3\text{-s.}$$

## 17. ตอบข้อ 2

เหตุผลของคำตอบ จากปฏิกิริยา  $\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2\text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{CO}_2(\text{g}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$

$$R_{\text{CaCO}_3} = \frac{1}{2}R_{\text{HCl}} = R_{\text{CaCl}_2} = R_{\text{CO}_2} = R_{\text{H}_2\text{O}}$$

$$R_{\text{CaCO}_3} = R_{\text{CO}_2} = 0.00125 \text{ mol/min}$$

$$\text{หามวลโมเลกุลของ CaCO}_3 = 40 + 12 + 16(3) = 100 \text{ g/mol}$$

$$\text{เปลี่ยนหน่วยจากโมลเป็นกรัม } R_{\text{CaCO}_3} = \frac{(0.00125\text{mol})(100\text{g/mol})}{\text{min}} = 0.125 \text{ g/min}$$

## 18. ตอบข้อ 1

เหตุผลของคำตอบ Rate เฉลี่ย =  $-\frac{[1.2-X]}{(2000-0)}$

$$1.9 \times 10^{-3} = \frac{-(1.2-x)}{2000}$$

$$(1.9 \times 10^{-3}) \times (2 \times 10^3) = -1.2 + X$$

$$3.8 = -1.2 + X$$

$$X = 3.8 + 1.2$$

$$X = 5 \text{ M}$$

## 19. ตอบข้อ 4

$$\begin{aligned}\text{เหตุผลของคำตอบ Rate NH}_3 &= (0.0020 - 0.0150) / 100 \\ &= (13 \times 10^{-3}) / 100 \\ &= 13 \times 10^{-5} \text{ M/s}\end{aligned}$$

$$\text{จาก } \frac{1}{2} \text{Rate NH}_3 = \text{Rate N}_2$$

$$\text{Rate N}_2 = \frac{1}{2}(13 \times 10^{-5} \text{ M/s})$$

$$\text{Rate N}_2 = 6.5 \times 10^{-5} \text{ M/s}$$

## 20. ตอบข้อ 2

เหตุผลของคำตอบ ผงฟูทำปฏิกิริยากับน้ำส้มสายชูได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์  
 ดังสมการ  $\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{CH}_3\text{COOH}(\text{aq}) \rightarrow \text{CH}_3\text{COONa}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$

## 21. ตอบข้อ 2

เหตุผลของคำตอบ เนื่องจากเพิ่มพื้นที่ผิวทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสในการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น  
 อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเพิ่มขึ้น ส่วนการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา จะมีผลทำให้ปลดพลังงานก่อกัมมันต์ลง  
 อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเพิ่มขึ้น

## 22. ตอบข้อ 4

เหตุผลของคำตอบ เนื่องจากการใช้สังกะสีผงละเอียด เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว ทำให้อัตรา  
 การเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เนื่องจากการเติมกรด  $\text{HCl } 0.2 \text{ mol/dm}^3$  เป็นความเข้มข้นมากที่สุด  
 ในตัวเลือกทั้ง 4 ตัวเลือก จึงเป็นการเพิ่มความเข้มข้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น

## 23. ตอบข้อ 1

เหตุผลของคำตอบ ตัวเร่งคือ สารที่เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุด จะแยกตัวกลับเป็นสารเดิม  
 โดยในปฏิกิริยาทั้ง 3 เริ่มต้นใช้  $\text{Cl}_2$  สุดท้ายจะได้  $\text{Cl}_2$  กลับคืนมา แสดงว่า  $\text{Cl}_2$  เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

#### 24. ตอบข้อ 3

**เหตุผลของคำตอบ** Mg ทำปฏิกิริยากับกรด HCl ได้ แต่โลหะทองแดง (Cu) ไม่เกิดปฏิกิริยากับกรด HCl ดังนั้นการทดลอง X ไม่เกิดปฏิกิริยา และเมื่อเปรียบเทียบการทดลอง Y กับ Z จากข้อมูลพบว่า การทดลอง Z มีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วกว่า เนื่องจาก โลหะ Mg ในการทดลอง Z มีพื้นที่ผิวมากกว่า เมื่อทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้นเท่ากัน

#### 25. ตอบข้อ 1

**เหตุผลของคำตอบ** เนื่องจากการเพิ่มปริมาตรของสารเท่านั้น แต่ความเข้มข้นของสารยังเท่าเดิมจึงไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

#### 26. ตอบข้อ 4

**เหตุผลของคำตอบ** การลดขนาดของสาร A เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของสาร อัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเร็วขึ้น ส่วนการเติมตัวเร่งปฏิกิริยา จะทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น เนื่องจากปลดพลังงานก่อกัมมันต์ลงและการเพิ่มอุณหภูมิ ไม่ว่าจะเป็นปฏิกิริยาคูดความร้อน หรือคายความร้อน จะทำให้โมเลกุลมีการชนกันมากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดได้เร็วขึ้น

#### 27. ตอบข้อ 3

**เหตุผลของคำตอบ** การเพิ่มความดันของแก๊ส จะทำให้โมเลกุลอยู่ใกล้กันมากขึ้น โอกาสในการชนกันเพื่อเกิดปฏิกิริยาก็จะมากขึ้น ส่งผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ส่วนการเพิ่มพื้นที่ผิวของของแข็ง ทำให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสในการเกิดปฏิกิริยามากขึ้น ปฏิกิริยาจึงเกิดเร็วขึ้น

#### 28. ตอบข้อ 3

**เหตุผลของคำตอบ** เนื่องจากการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น จึงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น ซึ่งเป็นการทำปฏิกิริยาระหว่างกรดแอซิดกับหินปูนที่มากเกินไป โดยปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะสิ้นสุดลงเมื่อกรดแอซิดหมด เรียกกรดแอซิดิก ว่า สารกำหนดปริมาณ นั่นคือเป็นตัวกำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น ดังนั้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดแอซิดิก ก็จะทำให้ได้ผลิตภัณฑ์มากขึ้นด้วย

### 29. ตอบข้อ 4

**เหตุผลของคำตอบ** การเพิ่มความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น และการเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้โมเลกุลของสารตั้งต้นมีโอกาสชนกันเพื่อเกิดปฏิกิริยาได้มากขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงเพิ่มขึ้น ส่วนการเติม NaF ซึ่งเป็นตัวหน่วงปฏิกิริยาจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง ดังนั้น ข้อ 4 จึงทำให้ได้แก๊ส  $\text{CO}_2$  มากที่สุด เมื่อวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาใน 2 นาที

### 30. ตอบข้อ 4

**เหตุผลของคำตอบ** ตัวเลือกที่ 4 เป็นปฏิกิริยาที่ให้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สออกซิเจน โดยปฏิกิริยาเกิดขึ้นดังสมการ  $2\text{KMnO}_4(\text{s}) + 3\text{H}_2\text{O}_2(\text{aq}) \rightarrow 2\text{MnO}_2(\text{s}) + 2\text{KOH}(\text{aq}) + 3\text{O}_2(\text{g}) + 2\text{H}_2\text{O}(\text{g})$

### ภาคผนวก ข

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

|                                                 |                                   |                       |
|-------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์                 | รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 (ว32223)   | ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 |
| หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี |                                   | ภาคเรียนที่ 1/2560    |
| เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี      |                                   | เวลา 5 ชั่วโมง        |
| ผู้สอน นายประกิจ วรเลิศ                         | วันที่สอน.....เดือน.....พ.ศ. .... |                       |

**มาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.2** เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**มาตรฐาน ว 8.1** ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบาย และตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

#### 1. สาระสำคัญ

ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้ต่อเมื่ออนุภาคมีการชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและอนุภาคที่มีพลังงานสูงพอที่จะทำให้พลังงานการชนมีค่าน้อยที่สุดปริมาณหนึ่งเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยานั้น ซึ่งในการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ

พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีอธิบายได้ด้วยแผนภาพของพลังงานศักย์ มีแกนตั้งแทนค่าพลังงานศักย์ ส่วนแกนนอนแทนการดำเนินไปของปฏิกิริยา (หมายความว่าสารตั้งต้นเปลี่ยนเป็นสาร-เชิงซ้อนกัมมันต์แล้วเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์) และปฏิกิริยาเคมีใด ๆ ที่เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน ผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานต่ำกว่าสารตั้งต้น ในทางตรงข้ามถ้าเป็นปฏิกิริยาคูดพลังงาน ผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานสูงกว่าสารตั้งต้น

#### 2. ผลการเรียนรู้

2.1 อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์ การชนกันของอนุภาค และการเกิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ได้ (S)

2.2 สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบายเกี่ยวกับพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีได้ (S)

2.3 ใช้การประมาณค่าในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงใช้ในการพิจารณาความสมเหตุสมผลของคำตอบที่ได้จากการคำนวณ (M)

2.4 สามารถศึกษาและค้นคว้าข้อมูลผ่านเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในรูปแบบต่าง ๆ ได้ (T)

### 3. สารการเรียนรู้

- 3.1 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- 3.2 พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี
  - 3.2.1 ปฏิกิริยาดูดความร้อน
  - 3.2.2 ปฏิกิริยาคายความร้อน

### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### 4.1 ด้านความรู้ (Knowledge: K)

- 4.1.1 อธิบายแนวคิดและปัจจัยที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้
- 4.1.2 หาค่าพลังงานที่ดูดกลืน พลังงานที่คายออกมา และพลังงานรวมของปฏิกิริยาจากกราฟได้
- 4.1.3 แปลความหมายกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี และสามารถระบุได้ว่าเป็นปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงานได้

#### 4.2 ด้านทักษะกระบวนการ (Process: P)

- 4.2.1 สามารถประยุกต์ใช้ขั้นตอนหรือกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์เพื่อใช้ในการออกแบบชิ้นงานกับปัญหาที่กำลังเผชิญอยู่ได้

#### 4.3 ด้านคุณธรรมและจริยธรรมอันพึงประสงค์ (Attitude: A)

- 4.3.1 เข้าเรียนตรงเวลา
- 4.3.2 ทำงานเป็นทีมในการออกแบบชิ้นงาน
- 4.3.3 มีความกระตือรือร้นและสนใจในกิจกรรมการเรียนการสอน

### 5. สมรรถนะของผู้เรียน

#### 5.1 ความสามารถในการสื่อสาร

- ทักษะการนำเสนอ

#### 5.2 ความสามารถในการคิด

- 5.1.2 ทักษะการคิดวิเคราะห์
- 5.1.3 ทักษะการคิดสร้างสรรค์

#### 5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

- บูรณาการความรู้สะสมในการแก้ปัญหาที่กำลังเผชิญ

#### 5.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

- 5.4.1 กระบวนการปฏิบัติ

#### 5.4.2 กระบวนการทำงานกลุ่ม

### 5.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

การสืบค้นข้อมูลและใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในการออกแบบชิ้นงาน

## 6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

6.1 มีวินัย

6.2 ใฝ่เรียนรู้

6.3 มุ่งมั่นในการทำงาน

## 7. ชิ้นงาน/ภาระงาน

### 7.1 ชิ้นงาน

ตุ้ยม้นขนาดเล้ก

### 7.2 ภาระงาน

7.2.1 การตอบคำถามระหว่างกิจกรรมการเรียนรู้การสอน

7.2.2 ใบกิจกรรมที่ 1 สืบค้นวิวัฒนาการของตุ้ยม้น

7.2.3 ใบกิจกรรมสะเต็ม เรื่อง ตุ้ยม้นขนาดเล้ก

## 8. การวัดและประเมินผล

| สิ่งที่ต้องการวัด | วิธีการวัด                                                      | เครื่องมือวัด                                         | เกณฑ์การประเมิน       |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. ด้านความรู้    | 1. การถามตอบในชั้นเรียน                                         | 1. คำถาม                                              | ตอบได้ถูกต้อง         |
|                   | 2. นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 1 สืบค้นวิวัฒนาการของตุ้ยม้น          | 2. ใบกิจกรรมที่ 1 สืบค้นวิวัฒนาการของตุ้ยม้น          | ได้คะแนนระดับดี       |
|                   | 3. นักเรียนทำใบกิจกรรมสะเต็ม เรื่อง ตุ้ยม้นขนาดเล้ก             | 3. ใบกิจกรรมสะเต็มเรื่อง ตุ้ยม้นขนาดเล้ก              | ได้คะแนนระดับดี       |
|                   | 4. นักเรียนทำแบบทดสอบเรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 4. แบบทดสอบเรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี | ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 60.00 |
| 2. ด้านทักษะ      | 1. นักเรียนทำใบกิจกรรมที่ 1 สืบค้นวิวัฒนาการของตุ้ยม้น          | 1. ใบกิจกรรมที่ 1 สืบค้นวิวัฒนาการของตุ้ยม้น          | ได้คะแนนระดับดี       |



| สิ่งที่ต้องการวัด                         | วิธีการวัด                                     | เครื่องมือวัด                         | เกณฑ์การประเมิน                   |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
|                                           | 2. นักเรียนตอบใบกิจกรรม<br>สะเต็มดูเ็นขนาดเล็ก | 2. ใบกิจกรรมสะเต็ม<br>ดูเ็นขนาดเล็ก   | ได้คะแนน<br>ระดับดี               |
| 3.ด้าน<br>คุณลักษณะหรือ<br>จิตวิทยาศาสตร์ | 1. สังเกตพฤติกรรม<br>การทำงานเป็นกลุ่ม         | 1. แบบสังเกตพฤติกรรม<br>การทำงานกลุ่ม | อยู่ในระดับ<br>คุณภาพดี<br>ขึ้นไป |

## 9. กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM)

### 9.1 ขั้นก่อนทำกิจกรรม (1 ชั่วโมง)

ครูให้นักเรียนสอบก่อนเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

#### สถานการณ์ที่ 1 ดูดหรือคาย

(1) ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมารับสารเคมี อุปกรณ์การทดลอง เพื่อทำการทดลอง

1. ปฏิกิริยาระหว่างน้ำส้มสายชู ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) กับผงฟู ( $\text{NaHCO}_3$ ) 2. ปฏิกิริยาระหว่างน้ำยาล้างห้องน้ำ (HCl) กับ โซดาไฟ (NaOH) และ 3. เกลือแกงละลายในน้ำแข็ง โดยให้แต่ละกลุ่มทดลองและสังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี)

(2) ครูใช้คำถามกระตุ้นว่า การทดลองใดบ้างเกิดปฏิกิริยาเคมี และสิ่งใดเป็นตัวบ่งชี้ว่าเกิดปฏิกิริยาขึ้น

แนวตอบ การทดลองที่ 1 และ 2 เกิดปฏิกิริยาเคมี โดย สังเกตจากการมีฟองแก๊สเกิดขึ้น ซึ่งบ่งบอกว่าเกิดสารใหม่และมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิโดยปฏิกิริยาที่ 1 เมื่อจับขวดปฏิกิริยาจะรู้สึกเย็น (เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน โดยจะดูดความร้อนจากสิ่งแวดล้อม <มือเรา> ไปสู่ระบบ) ส่วนปฏิกิริยาที่ 2 เมื่อจับขวดปฏิกิริยาจะรู้สึกร้อน (เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน โดยจะคายความร้อนจากระบบไปสู่สิ่งแวดล้อม <มือเรา>)

ในการทดลองที่ 3 เกลือแกงละลายในน้ำแข็งไม่เกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นเพียงการละลายแบบดูดความร้อน (คือ การละลายที่ใช้พลังงานในการแยกอนุภาคของของแข็งมากกว่าพลังงานที่ใช้ยึดเหนี่ยวระหว่างของแข็งกับน้ำ)

(3) ให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีในการทดลอง เพื่ออธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น พร้อมเขียนสมการเคมีและดุลสมการให้ถูกต้อง (ครูคอยให้คำแนะนำและอธิบายการดุลสมการเคมี)

## สถานการณ์ที่ 2 สมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุ

ครูนำวัสดุที่มีในชีวิตประจำวัน\* มาหุ้มกระป๋องน้ำอัดลมที่ผ่านการแช่เย็น และทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่ง จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มลองทำนายว่า วัสดุใดที่จะสามารถรักษาความเย็นของน้ำอัดลมในกระป๋องได้ดีที่สุด พร้อมอธิบายสาเหตุว่าทำไมถึงเลือกวัสดุนั้น

\*วัสดุที่นำมาใช้ เช่น กระดาษทิชชู อลูมิเนียมฟอยล์ พลาสติกห่ออาหาร ผ้าฝ้าย สำลี

หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมทั้ง 2 สถานการณ์ นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ถูกต้องเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีแบบดูดและคายความร้อน การดุลสมการเคมี และคุณสมบัติป้องกันการถ่ายโอนความร้อนหรือความเย็นของวัสดุ

## 9.2 ขั้นทำกิจกรรมสะเต็มศึกษา (STEM) (4 ชั่วโมง)

### 9.2.1 กำหนดปัญหาหรือความต้องการ

ครูให้สถานการณ์ที่ 3 เพื่อนำไปสู่กิจกรรมการเรียนรู้สะเต็ม ดังนี้

“อะตอม เป็นเด็กที่ชอบประดิษฐ์และช่างสงสัย ที่บ้านเปิดร้านขายยา วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี เหตุการณ์วันหนึ่งเกิดฝนตกหนักและไฟดับเป็นเวลานานกว่า 10 ชั่วโมง อีกทั้งอากาศร้อน และเขารู้สึกกระหายน้ำมาก อยากกินน้ำอัดลมเย็น ๆ ให้ชื่นใจ แต่น้ำอัดลมกระป๋องที่มีอยู่นั้นไม่เย็น อีกทั้งน้ำแข็งก็ละลายหมด เขาจึงพยายามคิดค้นเพื่อที่จะทำให้ตนเองนั้นได้กินน้ำอัดลมกระป๋องเย็น ๆ ให้ได้ (ให้อุณหภูมิของน้ำอัดลมนลดลงจากเดิมอย่างน้อย 10 °C) โดยใช้อุปกรณ์ และสารเคมีที่มีอยู่ในบ้าน ถ้านักเรียนเป็นเด็กชายอะตอม นักเรียนจะมีวิธีทำให้น้ำอัดลมมีอุณหภูมิลดลงได้อย่างไร โดยใช้เวลาในการทดลอง 10 นาที”

- จากนั้นให้แต่ละกลุ่มช่วยกันระดมสมอง คิดวิเคราะห์ประเด็นปัญหาหรือความต้องการ และเงื่อนไขต่าง ๆ ที่กำหนดให้ โดยเรียบเรียงออกมาเป็นคำพูดตามความเข้าใจของนักเรียนเอง

- ครูแจกเกณฑ์การประเมินการประดิษฐ์ชิ้นงานสะเต็มให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม  
แนวตอบ การระบุปัญหา เงื่อนไขหรือความต้องการ

ประเด็นปัญหา คือ เด็กชายอะตอมกระหายน้ำมาก อากาศร้อนและต้องการดื่มน้ำอัดลมกระป๋องเย็น ๆ แต่ไฟดับเป็นเวลานาน น้ำอัดลมกระป๋องไม่เย็นและน้ำแข็งละลายหมด

เงื่อนไขและความต้องการ ทำการออกแบบและผลิตกลไก เพื่อ

(1) ทำให้น้ำอัดลมกระป๋องมีอุณหภูมิลดลงจากเดิมอย่างน้อย 10 °C โดยใช้อุปกรณ์และสารเคมีในบ้าน (ใช้เวลาทดลอง 10 นาที)

(2) ออกแบบภาชนะบรรจุเพื่อรักษาความเย็น

(3) น้ำอัดลมกระป๋องนั้นจะต้องสามารถนำมาดื่มได้

### 9.2.2 รวบรวมข้อมูลและเลือกวิธีการแก้ปัญหา

- นักเรียนสืบค้นข้อมูลตามใบกิจกรรมที่ 1 สืบค้นวิวัฒนาการของตู้เย็น โดยเปิดโอกาสให้แต่ละกลุ่มใช้เทคโนโลยีมาช่วยอำนวยความสะดวกในการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมทางอินเทอร์เน็ต และศึกษาจากใบความรู้ที่ 1 เรื่องปฏิกิริยาเคมีของสารบางชนิด ใบความรู้ที่ 2 เรื่องสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ

- เมื่อนักเรียนได้ข้อมูลมาแล้ว ต้องช่วยกันวิเคราะห์ว่าจะต้องใช้ข้อมูลใดบ้าง หรือความรู้เรื่องใดบ้างมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยช่วยกันวิเคราะห์เพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกใช้อุปกรณ์และสารเคมีเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหา

### 9.2.3 ออกแบบและปฏิบัติการทำตู้เย็นขนาดเล็ก

- นักเรียนแต่ละกลุ่มวางแผนและออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กโดยการวาดรูปแสดงองค์ประกอบของวัสดุในส่วนต่าง ๆ ว่าทำมาจากอะไร ก่อนนำไปทดลองแก้ปัญหาจริง พร้อมทั้งระบุจำนวนและปริมาณของวัสดุ รวมทั้งปฏิกิริยาเคมีที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งให้ความเย็นในตู้เย็นขนาดเล็ก

- ให้แต่ละกลุ่มนำเสนอภาพการออกแบบที่วางแผนไว้ โดยอธิบายสั้น ๆ ของส่วนประกอบต่าง ๆ ว่าใช้หลักการอะไร มีความสำคัญอย่างไร รวมถึงการเลือกใช้สารเคมีต่าง ๆ ด้วย

- นักเรียนแต่ละกลุ่มลงมือทำตู้เย็นขนาดเล็กตามแนวคิดและวิธีการที่ได้ออกแบบไว้

### 9.2.4 ทดสอบประสิทธิภาพของตู้เย็นขนาดเล็ก

- ทำการทดสอบชิ้นงานเพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ ใช้เวลาในการทดลอง 10 นาที โดยน้ำดื่มหนึ่งขวดที่กำหนดให้ต้องมีอุณหภูมิลดลงจากเดิมอย่างน้อย 10 °C และน้ำดื่มขวดนั้นจะต้องสามารถนำมดื่มนได้ตามปกติ

### 9.2.5 การปรับปรุงแก้ไข

- นักเรียนและครูอภิปรายถึงวัสดุและสารเคมีที่ใช้ของกลุ่มที่ผลงานมีคะแนนสูงสุดกับกลุ่มที่มีคะแนนต่ำสุดว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร ทำไมถึงได้ผลการทดลองเช่นนั้น พร้อมนำชิ้นงานของกลุ่มที่ให้ผลการทดลองที่ดีที่สุดมาเป็นต้นแบบในการปรับปรุงและพัฒนาตู้เย็นขนาดเล็กให้ดีขึ้นต่อไป

### 9.2.6 ขั้่นสรุปและขยายความรู้

- นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากปฏิกิริยาแบบดูดความร้อน และคายความร้อน เช่น การทำถุงประคบร้อน ถุงประคบเย็น เป็นต้น และการนำความรู้เรื่องวัสดุที่มีสมบัติเป็นฉนวนความร้อนไปใช้ในชีวิตประจำวัน เช่น กล่องโฟมบรรจุน้ำแข็ง กระเป๋ารักษาอุณหภูมิผลิตจากผ้าไนลอนด้านในบุฉนวนกันความร้อน เป็นต้น

- ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีโดยเชื่อมโยงกับปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่นักเรียนเลือกใช้ในกิจกรรมสะสมเต็ม ซึ่งสามารถอธิบายได้ด้วยแผนภาพของพลังงานศักย์ มีแกนตั้งแทนค่าพลังงานศักย์ ส่วนแกนนอนแทนการดำเนินไปของปฏิกิริยา (หมายความว่าสารตั้งต้นเปลี่ยนเป็นสารเชิงซ้อนกัมมันต์แล้วเปลี่ยนไปเป็นผลิตภัณฑ์) และปฏิกิริยาเคมีใด ๆ ที่เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน ผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานต่ำกว่าสารตั้งต้น ในทางตรงข้ามถ้าเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงานผลิตภัณฑ์จะมีพลังงานสูงกว่าสารตั้งต้น

- นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดในการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยเชื่อมโยงกับปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่นักเรียนเลือกใช้ในกิจกรรมสะสมเต็ม ว่า ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นมีการชนกัน และการชนกันต้องมีทิศทางที่เหมาะสม และอนุภาคที่มีพลังงานสูงพอที่จะทำให้พลังงานการชนมีค่าน้อยที่สุดปริมาณหนึ่งเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ( $E_a$ ) ของปฏิกิริยานั้น จึงจะเกิดปฏิกิริยาขึ้น ซึ่งการเกิดปฏิกิริยาเคมี จะมีพลังงานเข้ามาเกี่ยวข้องด้วยเสมอ

#### 9.2.7 ประเมินผล

- การประเมินจากผลงาน โดยมีอัตราส่วนการให้คะแนนดังนี้

| รายการ                    | คะแนน |
|---------------------------|-------|
| ผลงาน                     | 30    |
| ต้นทุนการผลิต             | 10    |
| เวลาที่ใช้                | 10    |
| การนำเสนอ                 | 20    |
| การออกแบบเชิงวิศวกรรม     | 10    |
| การบูรณาการความรู้ (STEM) | 20    |
| รวม                       | 100   |

- จากนั้นนักเรียนทำแบบทดสอบ เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

## เกณฑ์การให้คะแนน

| ระดับ<br>รายการประเมิน                                                                                        | ดีมาก<br>(4 คะแนน)                | ดี<br>(3 คะแนน)                         | พอใช้<br>(2 คะแนน)                      | ควรปรับปรุง<br>(1 คะแนน)                            |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>1. ผลงาน</b>                                                                                               |                                   |                                         |                                         |                                                     |
| 1.1 อุณหภูมิลดลงจากเดิม                                                                                       | $\geq 10^{\circ}\text{C}$         | $7 - 9^{\circ}\text{C}$                 | $4 - 6^{\circ}\text{C}$                 | $< 4^{\circ}\text{C}$                               |
| 1.2 น้ำอัดลม                                                                                                  | สามารถดื่มได้                     | -                                       | -                                       | ไม่สามารถดื่มได้                                    |
| <b>2. ต้นทุนที่ใช้ประดิษฐ์</b>                                                                                | กลุ่มที่ใช้เงิน<br>ที่สูดอันดับ 1 | กลุ่มที่ใช้<br>น้อยที่สุด<br>อันดับ 2-3 | กลุ่มที่ใช้<br>น้อยที่สุด<br>อันดับ 4-5 | กลุ่มที่ใช้เงิน<br>ที่สูดตั้งแต่<br>อันดับ 6 ขึ้นไป |
| <b>3. เวลาที่ใช้ประดิษฐ์</b>                                                                                  | ไม่เกิน 90 นาที                   | 91 – 100<br>นาที                        | 101 – 120<br>นาที                       | มากกว่า<br>120 นาที                                 |
| <b>4. การนำเสนอผลงาน</b>                                                                                      |                                   |                                         |                                         |                                                     |
| 4.1 อธิบายขั้นตอนการ<br>ทดลอง                                                                                 | ครบทุกขั้นตอน                     | ขาดไป<br>1 ขั้นตอน                      | ขาดไป<br>2 ขั้นตอน                      | ขาดไป<br>มากกว่า 2<br>ขั้นตอน                       |
| 4.2 อธิบายเหตุผล<br>ทางวิทยาศาสตร์ด้าน<br>คุณสมบัติในการเลือกซื้อ<br>วัสดุและสารเคมี                          | ทุกชนิด                           | ขาดไป<br>1-2 ชนิด                       | ขาดไป<br>3-4 ชนิด                       | ขาดไป<br>มากกว่า 4 ชนิด                             |
| 4.3 อธิบายเหตุผล<br>ทางวิทยาศาสตร์<br>ด้านปริมาณในการเลือก<br>ซื้อวัสดุและสารเคมี                             | ทุกชนิด                           | ขาดไป<br>1-2 ชนิด                       | ขาดไป<br>3-4 ชนิด                       | ขาดไป<br>มากกว่า 4 ชนิด                             |
| 4.4 อธิบายความเป็นมิตร<br>ต่อสิ่งแวดล้อมของสาร<br>ตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์<br>ในปฏิกิริยาเคมีที่เลือกใช้<br>ได้ | ทุกชนิด                           | ขาดไป<br>1-2 ชนิด                       | ขาดไป<br>3-4 ชนิด                       | ขาดไป<br>มากกว่า 4 ชนิด                             |

## เกณฑ์การให้คะแนน (ต่อ)

| ระดับ<br>รายการประเมิน                | ดีมาก<br>(4 คะแนน)                                                                                                                                            | ดี<br>(3 คะแนน)                                                                                            | พอใช้<br>(2 คะแนน)                                                                                             | ควรปรับปรุง<br>(1 คะแนน)                                                                                   |
|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5. กระบวนการ<br>ออกแบบทาง<br>วิศวกรรม | 1. ร่างต้นแบบ<br>2. ประดิษฐ์ตาม<br>ต้นแบบ<br>3. เสนอแนะวิธี<br>พัฒนาต้นแบบให้<br>ดียิ่งขึ้น                                                                   | ขาดไป 1 ข้อ<br>1. ร่างต้นแบบ<br>2. ประดิษฐ์ตาม<br>ต้นแบบ<br>3. เสนอแนะวิธี<br>พัฒนาต้นแบบ<br>ให้ดียิ่งขึ้น | ขาดไป 2 ข้อ<br>1. ร่างต้นแบบ<br>2. ประดิษฐ์<br>ตามต้นแบบ<br>3. เสนอแนะ<br>วิธีพัฒนา<br>ต้นแบบให้ดี<br>ยิ่งขึ้น | ขาดไป 3 ข้อ<br>1. ร่างต้นแบบ<br>2. ประดิษฐ์ตาม<br>ต้นแบบ<br>3. เสนอแนะวิธี<br>พัฒนาต้นแบบ<br>ให้ดียิ่งขึ้น |
| 6. การบูรณาการ<br>ความรู้ (STEM)      | อธิบายความรู้<br>ด้านวิทยาศาสตร์<br>คณิตศาสตร์<br>วิศวกรรมศาสตร์<br>และเทคโนโลยี<br>เพื่อออกแบบและ<br>ผลิตชิ้นงานได้<br>ชัดเจนและ<br>ถูกต้องครบทั้ง<br>4 ด้าน | อธิบายความรู้<br>ได้ชัดเจนและ<br>ถูกต้อง 3 ด้าน                                                            | อธิบายความรู้<br>ได้ชัดเจนและ<br>ถูกต้อง<br>2 ด้าน                                                             | อธิบายความรู้ได้<br>ชัดเจนและ<br>ถูกต้องน้อยกว่า<br>2 ด้าน                                                 |

## หมายเหตุ

1. การประเมินในส่วนของ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม จะประเมินจากข้อมูลที่นักเรียนตอบในใบกิจกรรมเพิ่มเติมผู้เรียนขนาดเล็ก ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นไปตามกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

2. การประเมินในส่วนของ การบูรณาการความรู้ (STEM) จะประเมินจากข้อมูลที่นักเรียนตอบในใบกิจกรรม กรณีที่นักเรียนไม่ตอบคำถาม ผู้สอนอาจพิจารณาให้คะแนนจากข้อมูลการนำเสนอของนักเรียนได้

## 10. สื่อ/อุปกรณ์/แหล่งการเรียนรู้

### 10.1 สื่อการเรียนรู้

- 10.1.1 หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม เคมี เล่ม 3 สสวท.
- 10.1.2 ใบกิจกรรมที่ 1 สืบค้นวิวัฒนาการของตู้เย็น
- 10.1.3 ใบกิจกรรมสะเต็มตู้เย็นขนาดเล็ก
- 10.1.4 ใบความรู้ที่ 1 เรื่องปฏิกิริยาเคมีของสารบางชนิด
- 10.1.5 ใบความรู้ที่ 2 เรื่องสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ

## 11. กิจกรรมเสนอแนะหรือข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....







#### 4. บันทึกคำถามที่สงสัยเกี่ยวกับการผลิตตู้เย็นขนาดเล็ก

[illegible]

## เอกสารอ้างอิง

[illegible]

เกณฑ์การให้คะแนน ใบกิจกรรมที่ 1 สืบค้นวิวัฒนาการของตุ๋เย็น

| ระดับ<br>รายการ            | ดีมาก (4 คะแนน)                                                                                                                                                                             | ดี (3 คะแนน)                                                                                                                                                                                   | พอใช้ (2 คะแนน)                                                                                                                                                                                | ควรปรับปรุง (1 คะแนน)                                                                                                                                                                |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ผลงาน                      | เนื้อหาครบทั้ง 4 ประเด็น                                                                                                                                                                    | เนื้อหาขาดไป 1 ประเด็น                                                                                                                                                                         | เนื้อหาขาดไป 2 ประเด็น                                                                                                                                                                         | เนื้อหาขาดไปมากกว่า 2 ประเด็น                                                                                                                                                        |
| เอกสารอ้างอิง              | นำเชื่อถือสืบค้นมาจาก<br>- หนังสือ<br>- เว็บไซต์ Wikipedia, the free encyclopedia หรือของหน่วยงานในกระทรวงวิทยาศาสตร์<br>- วารสารทางวิชาการ<br>และครูสามารถติดตามเอกสารอ้างอิงได้ครบทั้งหมด | นำเชื่อถือสืบค้นมาจาก<br>- หนังสือ<br>- เว็บไซต์ Wikipedia, the free encyclopedia หรือของหน่วยงานในกระทรวงวิทยาศาสตร์<br>- วารสารทางวิชาการ<br>และครูสามารถติดตามเอกสารอ้างอิงได้ 2 แหล่งที่มา | นำเชื่อถือสืบค้นมาจาก<br>- หนังสือ<br>- เว็บไซต์ Wikipedia, the free encyclopedia หรือของหน่วยงานในกระทรวงวิทยาศาสตร์<br>- วารสารทางวิชาการ<br>และครูสามารถติดตามเอกสารอ้างอิงได้ 1 แหล่งที่มา | นำเชื่อถือสืบค้นมาจาก<br>- หนังสือ<br>- เว็บไซต์ Wikipedia, the free encyclopedia หรือของหน่วยงานในกระทรวงวิทยาศาสตร์<br>- วารสารทางวิชาการ<br>และครูไม่สามารถติดตามเอกสารอ้างอิงได้ |
| การตั้งคำถาม<br>ในข้อที่ 4 | คำถามสอดคล้องกับงาน $\geq 4$ คำถาม                                                                                                                                                          | คำถามสอดคล้องกับงาน 3 คำถาม                                                                                                                                                                    | คำถามสอดคล้องกับงาน 2 คำถาม                                                                                                                                                                    | คำถามสอดคล้องกับงานน้อยกว่า 2 คำถาม                                                                                                                                                  |

### ใบกิจกรรมสะเต็มเรื่อง ตู้เย็นขนาดเล็ก

**สถานการณ์ “อะตอม** เป็นเด็กที่ชอบประดิษฐ์และช่างสงสัย ที่บ้านเปิดร้านขายยา วัสดุอุปกรณ์ และสารเคมี เหตุการณ์วันหนึ่งเกิดฝนตกหนัก และไฟดับเป็นเวลานานกว่า 10 ชั่วโมง อีกทั้งอากาศร้อน และเขารู้สึกกระหายน้ำมาก อยากกินน้ำอัดลมเย็น ๆ ให้ชื่นใจ แต่น้ำอัดลมกระป๋องที่มีอยู่นั้นไม่เย็น อีกทั้งน้ำแข็งก็ละลายหมด เขาจึงพยายามคิดค้นเพื่อที่จะทำให้ตนเองนั้นได้กินน้ำอัดลมกระป๋องเย็น ๆ ให้ได้ (ให้อุณหภูมิของน้ำอัดลมลดลงจากเดิมอย่างน้อย  $10^{\circ}\text{C}$ ) โดยใช้อุปกรณ์ และสารเคมีที่มีอยู่ในบ้าน ถ้านักเรียนเป็นเด็กชายอะตอม นักเรียนจะมีวิธีทำให้น้ำอัดลมมีอุณหภูมิลดลงได้อย่างไร โดยใช้เวลาในการทดลอง 10 นาที”

#### 1. ระบุปัญหา เจาะใจหรือความต้องการ

.....

.....

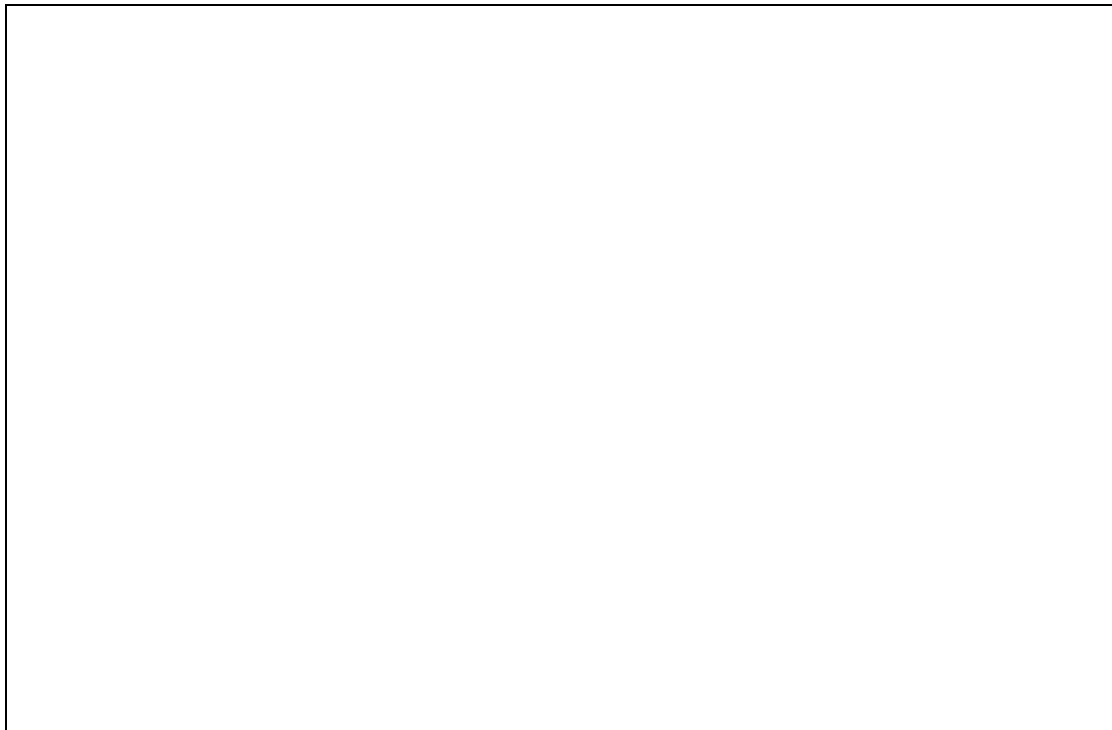
.....

.....

#### 2. การเลือกปฏิกิริยาเคมีเป็นแหล่งให้ความเย็นในตู้เย็นขนาดเล็ก

##### 2.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองเอง)

## 2.2 วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของแต่ละปฏิกิริยา (ใช้โปรแกรม excel)



นักเรียนเลือกใช้ปฏิกิริยาใด เป็นแหล่งให้ความร้อนในชิ้นงานตุ๋นขนาดเล็กที่จะสร้างขึ้น เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

## 3. การเลือกใช้วัสดุในการทำตุ๋นขนาดเล็ก

นักเรียนเลือกวัสดุใดบ้างในการทำตุ๋นขนาดเล็ก (อธิบายเหตุผลด้านคุณสมบัติ และด้านปริมาณ)

.....

.....

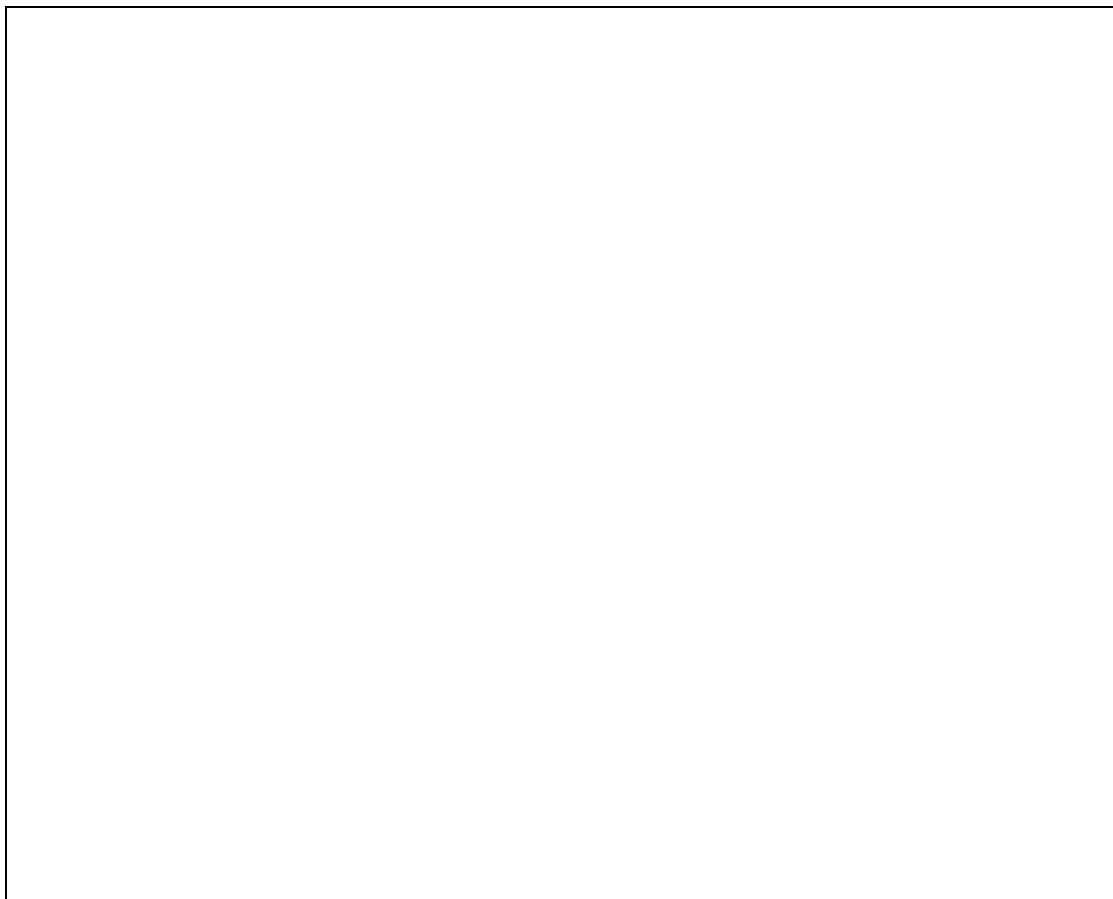
.....

.....

.....

#### 4. การออกแบบตู้เย็นขนาดเล็ก

(ให้วาดภาพร่างของตู้เย็นขนาดเล็ก พร้อมชี้ส่วนประกอบต่าง ๆ)



## 5. ทดสอบประสิทธิภาพของตู้เย็นขนาดเล็ก

### 5.1 ผลการทดลองประสิทธิภาพของตู้เย็นขนาดเล็ก

ปฏิกิริยาที่เลือกใช้ คือ .....

สมการปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น คือ .....

วันที่ทดลอง ..... เวลาในการทดลอง .....

| รายการ                                      | อุณหภูมิ (°C ) |
|---------------------------------------------|----------------|
| อุณหภูมิห้อง .....°C                        |                |
| สารละลายกรดฟอร์มิกก่อนทำปฏิกิริยา           |                |
| น้ำอัดลมกระป๋องก่อนทำการทดลอง               |                |
| น้ำอัดลมกระป๋องหลังทำการทดลองในเวลา 10 นาที |                |
| น้ำอัดลมกระป๋องอุณหภูมิลดลง                 |                |

น้ำดื่มขวดนั้นสามารถนำมาดื่ม ☐ ได้, ☐ ไม่ได้

### 5.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง (ให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองเอง)

5.3 วาดกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเวลาของแต่ละปฏิกิริยา (ใช้โปรแกรม excel)



## 6. แนวทางการพัฒนาหรือการปรับปรุงแก้ไข

This image shows a full page of white paper with horizontal dotted lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a guide for handwriting practice. There are no margins, text, or other markings on the page.



7. นักเรียนได้บูรณาการความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ในการออกแบบ และสร้างตุ้ยนขนาดเล็กอย่างไร

| การบูรณาการความรู้สะเต็มตุ้ยนขนาดเล็ก |                                  |
|---------------------------------------|----------------------------------|
| วิทยาศาสตร์<br>(Sciences)             | .....<br>.....<br>.....<br>..... |
| เทคโนโลยี<br>(Technology)             | .....<br>.....<br>.....<br>..... |
| วิศวกรรมศาสตร์<br>(Engineering)       | .....<br>.....<br>.....<br>..... |
| คณิตศาสตร์<br>(Mathematics)           | .....<br>.....<br>.....<br>..... |

8. ยกตัวอย่างการนำความรู้ที่ได้จากการทำตุ้ยนขนาดเล็ก ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

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

ใบสั่งซื้อวัสดุอุปกรณ์ทำตู้เย็นขนาดเล็ก กลุ่มที่ .....

| รายการ                   |                                                         | รายละเอียดสินค้า |                | ต้องการสั่งซื้อ |          |
|--------------------------|---------------------------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------|
|                          |                                                         | จำนวน            | ราคา/<br>หน่วย | จำนวน           | เป็นเงิน |
| <input type="checkbox"/> | 1. อลูมิเนียมฟอยล์ ขนาด 45x45 cm                        | 1 แผ่น           | 5.00           |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 2. สำลี                                                 | 1 ชุด            | 10.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 3. กระดาษทิชชู                                          | 1 ม้วน           | 10.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 4. พลาสติกห่ออาหาร ขนาด 45x45 cm                        | 1 แผ่น           | 5.00           |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 5. ขวดโหลพลาสติกทรงกระบอก<br>ขนาด 1.5 L                 | 1 ขวด            | 70.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 6. ครอบน้ำอัดลมอลูมิเนียม<br>ขนาด 490 ml                | 1 ครอบ           | 10.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 7. ไม้อัด ขนาด 30x60 cm                                 | 1 แผ่น           | 25.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 8. แผ่นโฟม (Polystyrene Foam)<br>หนา 2 cm ขนาด 30x60 cm | 1 แผ่น           | 15.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 9. เทปผ้า (Cloth Tape) หรือแล็คซีน 2 นิ้ว               | 1 ม้วน           | 49.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 10. ฟองน้ำโฟลียูรีเทน 50 cm X 60 cm                     | 1 ฟืน            | 10.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 11. ผ้าฝ้าย 40 cm X 40 cm                               | 1 ฟืน            | 20.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 12. ผ้าพอลิเอสเตอร์ 40 cm X 40 cm                       | 1 ฟืน            | 20.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 13. วัสดุอื่น ๆ ระบุ (ถ้ามี)                            |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 13.1                                                    |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 13.2                                                    |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 13.3                                                    |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 13.4                                                    |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/> | 13.5                                                    |                  |                |                 |          |
| รวมจำนวนเงินวัสดุอุปกรณ์ |                                                         |                  |                |                 |          |

ใบสั่งซื้อสารเคมีทำตุ๋นขนาดเล็ก กลุ่มที่ .....

| รายการ                             |                                                                | รายละเอียดสินค้า |                | ต้องการสั่งซื้อ |          |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------|----------------|-----------------|----------|
|                                    |                                                                | จำนวน            | ราคา/<br>หน่วย | จำนวน           | เป็นเงิน |
| <input type="checkbox"/>           | 1. น้ำส้มสายชู ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ )                    | 40 ml            | 1.00           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 2. เปลือกไข่ไก่บดละเอียด ( $\text{CaCO}_3$ )                   | 40 g             | 0.20           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 3. เกลือแกง ( $\text{NaCl}$ )                                  | 40 g             | 0.50           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 4. ผงฟู ( $\text{NaHCO}_3$ )                                   | 20 g             | 1.50           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 5. น้ำตาลทราย ( $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )    | 40 g             | 1.00           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 6. ด่างทับทิม ( $\text{KMnO}_4$ )                              | 5 g              | 2.50           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 7. น้ำยาล้างห้องน้ำ ( $\text{HCl}$ )                           | 40 ml            | 2.04           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 8. แม่ปุ๋ยยูเรีย ( $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$ )                | 20 g             | 0.36           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 9. ดินสอพอง ( $\text{CaCO}_3$ )                                | 40 g             | 0.20           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 10. ผงมะนาว (26% $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ )            | 40 g             | 3.40           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 11. กรดมะนาวชนิดน้ำ (5% $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ )     | 40 ml            | 1.43           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 12. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{NaOH}$ )                        | 20 g             | 10.00          |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 13. แคลเซียมไฮดรอกไซด์ ( $\text{Ca(OH)}_2$ )                   | 20 g             | 5.60           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 14. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ( $\text{H}_2\text{O}_2$ )<br>3%(w/v) | 40 ml            | 2.67           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 15. กรดฟอร์มิก (5% $\text{HCOOH}$ )                            | 40 ml            | 2.70           |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 16. สารเคมีอื่น ๆ ระบุ (ถ้ามี)                                 |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 16.1                                                           |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 16.2                                                           |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 16.3                                                           |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 16.4                                                           |                  |                |                 |          |
| <input type="checkbox"/>           | 16.5                                                           |                  |                |                 |          |
| รวมจำนวนเงินสารเคมี                |                                                                |                  |                |                 |          |
| รวมจำนวนเงินวัสดุอุปกรณ์และสารเคมี |                                                                |                  |                |                 |          |

### ใบความรู้ที่ 1 ปฏิริยาของสารเคมีบางชนิด

การศึกษาเกี่ยวกับปฏิกิริยาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน รวมทั้งสมบัติบางประการของสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเคมี จะช่วยให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ ซึ่งผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เหล่านี้มีสารเคมีเป็นองค์ประกอบหลากหลาย ตัวอย่างองค์ประกอบทางเคมีของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันบางชนิด เป็นดังตาราง

ตารางที่ ข.1 ผลิตภัณฑ์ที่เป็นสารเคมีในบ้านบางชนิด องค์ประกอบทางเคมี ชื่อทางเคมี และป้ายแสดงถึงอันตรายของสารเคมีตามมาตรฐาน NFPA

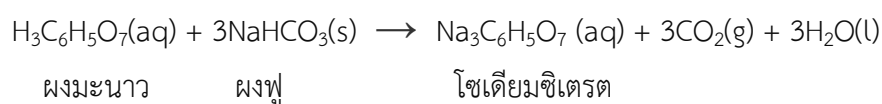
| ที่ | ผลิตภัณฑ์             | องค์ประกอบทางเคมี                | ชื่อทางเคมี            | ป้ายแสดงถึงอันตรายของสารเคมีตามมาตรฐาน NFPA*                                          |
|-----|-----------------------|----------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | ผงฟู                  | $\text{NaHCO}_3$                 | Sodium bicarbonate     |   |
| 2   | แม่ปุ๋ยยูเรีย         | $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$       | Urea                   |  |
| 3   | ดินสอพองและเปลือกไข่  | $\text{CaCO}_3$                  | Calcium carbonate      |  |
| 4   | ด่างทับทิม            | $\text{KMnO}_4$                  | Potassium permanganate |  |
| 5   | โซดาไฟ                | $\text{NaOH}$                    | Sodium hydroxide       |  |
| 6   | ผงมะนาวและน้ำมะนาวขวด | $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ | Citric acid            |  |
| 7   | น้ำส้มสายชู           | $\text{CH}_3\text{COOH}$         | Acetic acid            |  |
| 8   | กรดฟอร์มิก            | $\text{HCOOH}$                   | Formic acid            |  |
| 9   | น้ำยาล้างแผล          | $\text{H}_2\text{O}_2$           | Hydrogen peroxide      |  |
| 10  | น้ำยาล้างห้องน้ำ      | $\text{HCl}$                     | Hydrochloric acid      |  |

\*หมายเหตุ: ป้าย NFPA สีแดง คือ ความไวไฟ, สีน้ำเงิน คือ ผลของสารเคมี ที่มีต่อสุขภาพ, สีเหลือง คือ ความว่องไวในการเกิดปฏิกิริยา และสีขาว คือ ข้อมูลพิเศษ (นักเรียนศึกษาข้อมูลรายละเอียดเพิ่มเติม)

สารเคมีในบ้านบางชนิดสามารถทำปฏิกิริยากันเกิดเป็นปฏิกิริยาต่าง ๆ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

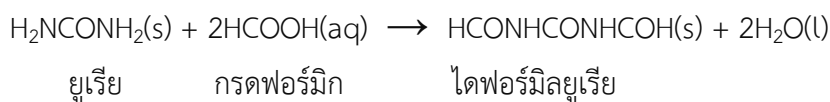
(1) ปฏิกิริยาแบบดูดความร้อน (Endothermic reaction) โดยระบบดูดพลังงานความร้อนจากสิ่งแวดล้อม ทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิลดลง ตัวอย่างปฏิกิริยาเคมีของสารเคมีในบ้านบางชนิด ดังนี้

(1.1) ปฏิกิริยาระหว่างผงฟูกับผงมะนาวหรือน้ำมะนาวขวด ได้ผลิตภัณฑ์เป็นโซเดียมซิทเรต คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำ ดังสมการ



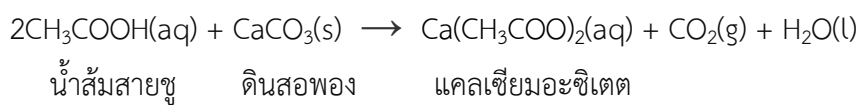
โซเดียมซิทเรตที่เกิดขึ้นละลายน้ำได้ดี และมีสมบัติเป็นเบสเล็กน้อย<sup>[2]</sup>

(1.2) ปฏิกิริยาระหว่างแอมโมเนียมยูเรียกับกรดฟอร์มิก ได้ผลิตภัณฑ์เป็น ไดฟอร์มิลยูเรีย และน้ำ



ไดฟอร์มิลยูเรีย ที่เกิดขึ้นสามารถละลายน้ำได้ และมีสมบัติเป็นกรดเล็กน้อย<sup>[3]</sup>

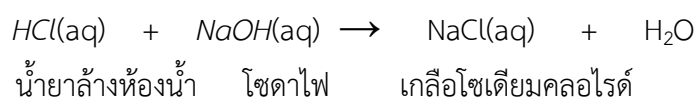
(1.3) ปฏิกิริยาระหว่างดินสอพองหรือเปลือกไข่กับน้ำส้มสายชู ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแคลเซียมอะซิเตต คาร์บอนไดออกไซด์ และ น้ำ ดังสมการ



แคลเซียมอะซิเตตที่เกิดขึ้นละลายน้ำได้ดี และมีสมบัติเป็นเบสเล็กน้อย <sup>[4]</sup>

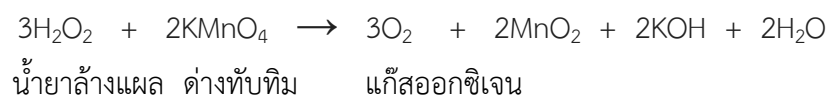
(2) ปฏิกิริยาแบบคายความร้อน (Exothermic reaction) ระบบคายพลังงานความร้อนไปยังสิ่งแวดล้อม ทำให้สิ่งแวดล้อมมีอุณหภูมิสูงขึ้น เช่น

(2.1) ปฏิกิริยาระหว่างน้ำยาล้างห้องน้ำ (HCl) กับโซดาไฟ (NaOH) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นเกลือ โซเดียมคลอไรด์ และน้ำ ดังสมการ



เกลือโซเดียมคลอไรด์ที่เกิดขึ้นละลายน้ำได้ดี และมีสมบัติเป็นกลาง

(2.2) ปฏิกริยาระหว่างน้ำยาล้างแผล ( $H_2O_2$ ) กับเกลือต่างหัตถิม ( $KMnO_4$ ) ได้ผลิตภัณฑ์เป็นแก๊สออกซิเจน แมกกาไนส์ไดออกไซด์ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และน้ำ ดังสมการ



## ใบความรู้ที่ 2 สมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุต่าง ๆ

นักเรียนทราบหรือไม่ว่าวัสดุที่เป็นฉนวนเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของคนเรา และนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ มากมาย ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ เช่น กล่องโฟมใส่น้ำแข็งเพื่อรักษาความเย็น เสื้อผ้าเครื่องนุ่งห่มรักษาอุณหภูมิในร่างกายในหน้าหนาว การเลือกใช้วัสดุที่เป็นฉนวนในการสร้างอาคารบ้านเรือนเพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อนและรักษาอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้ เป็นต้น ดังนั้นสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนของวัสดุแต่ละชนิด จะต้องสอดคล้องกับการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ

**ฉนวน** คือ วัสดุที่ต้านทานหรือป้องกันมิให้พลังงานความร้อนส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้สะดวก ฉนวนกันความร้อนที่ดีจะเป็นวัสดุที่มีน้ำหนักเบา ซึ่งประกอบด้วยฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมาก ฟองอากาศดังกล่าว มีคุณสมบัติในการต้านทานการนำความร้อน โดยสกัดกั้นความร้อนให้อยู่ในบริเวณฟองอากาศเล็ก ๆ จำนวนมากนี้ จึงเป็นผลให้ไม่เกิดการพาความร้อนด้วย

ฉนวนแต่ละชนิดจะมีการต้านทานความร้อนที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งฉนวนที่ดีจะต้องต้านทานความร้อนที่ผ่านจากด้านหนึ่งไปอีกด้านหนึ่งให้ลดลงเหลือน้อยที่สุด ทั้งนี้ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อน ( ค่า K) ยิ่งน้อย แสดงว่าเป็นฉนวนที่สามารถต้านทานความร้อนได้ดีกว่า คุณสมบัติของฉนวนกันความร้อนบางชนิด แสดงดังตารางที่ ข.2

ตารางที่ ข.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ

| วัสดุ                                                                                                                          | สมบัติ                                                                                                                                                                                                                                         | ค่า K (วัตต์/เมตร °C) |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| ฟองน้ำโพลียูรีเทน<br>(Flexible PU Foam)<br> | เป็นฉนวนที่กันความร้อน/ฉนวนความชื้นได้ดี มีความคงทนต่อการสึกกร่อนที่ดี ไม่ว่าในความชื้นที่สูงสุดหรือต่ำสุดก็สามารถหดตัวได้และมีการสปริงตัวที่ดี มีความคงทนต่อแรงกระแทกและสั่นสะเทือนได้ดี มีความทนต่อการกัดกร่อนและการฉีกขาด และแรงกดดันที่สูง | 0.023                 |

ตารางที่ ข.2 เปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนของวัสดุชนิดต่าง ๆ (ต่อ)

| วัสดุ                                                                                                                              | สมบัติ                                                                                                                                                                                     | ค่า K (วัตต์/เมตร °C) |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| <p>แผ่นโฟมโพลีสไตรีน<br/>(Polystyrene Foam )</p>  | ทนอุณหภูมิ 85 °C สูงสุด หรือที่เห็นกันทั่วไปจะเป็นแผ่นสีขาว น้ำหนักเบา เป็นฉนวนที่กันความร้อน - ความเย็นได้ดี                                                                              | 0.031                 |
| <p>ผ้าฝ้าย</p>                                    | ผลิตจากเส้นใยธรรมชาติที่ประกอบด้วยกลูโคสต่อกันระบายความร้อนได้ดี ทนต่อความร้อนและแสงแดดสูงถึง 218 °C แต่ไม่ทนต่อกรดแก่                                                                     | 0.030                 |
| <p>ไม้อัด</p>                                   | มีความแข็งแรงทนทานสูง คงตัว ไม่ยืดหดและแตกง่าย สามารถตัด เลื่อย และฉลุได้ง่าย ไม่แตกหัก สามารถโค้งงอได้โดยไม่ฉีกหัก เป็นฉนวนกันความร้อนได้ดี สามารถรับน้ำหนักได้ในอัตราที่สูงกว่าไม้ธรรมดา | 0.123                 |
| <p>ผ้าพอลิเอสเตอร์</p>                          | ผลิตจากเส้นใยสังเคราะห์ ทนต่อความร้อนที่อุณหภูมิ 145 – 165 °C ทนต่อสารเคมีและแสงแดด แต่ระบายความร้อนได้ไม่ดี                                                                               | 0.210                 |

จากตารางจะเห็นว่า โฟมโพลีสไตรีน มีค่าการนำความร้อนน้อยกว่าวัสดุชนิดอื่น หรือพูดอีกนัยหนึ่งว่าโฟมพียูมีความต้านทานความร้อนได้ดีกว่า<sup>[1]</sup> ทั้งนี้ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนยิ่งน้อย แสดงว่าเป็นฉนวนที่มีความสามารถต้านทานความร้อนที่ดี โดยค่าสัมประสิทธิ์ของการนำความร้อนนั้น ไม่เพียงแต่จะลดความร้อนได้ดีเพียงอย่างเดียว ฉนวนที่ดีจำเป็นต้องมีการสะท้อนความร้อนที่ดีด้วย เพราะการสะท้อนความร้อนเป็นการป้องกันความร้อนชั้นแรกสุด ซึ่งหมายความว่าหากมีการใช้วัสดุ



ที่สะท้อนความร้อนได้ดีเพื่อช่วยในการสะท้อนความร้อนแล้ว ฉนวนนั้น ๆ ก็จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันได้มากขึ้น ซึ่งวัสดุที่ใช้กันส่วนใหญ่ ได้แก่ แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์

**แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์** โดยคุณสมบัติแล้วไม่ถือว่าเป็นฉนวน แต่ถือว่าเป็นวัสดุลดความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน<sup>[1]</sup> โดยมีค่าการแผ่รังสีความร้อน (Emissivity) ของผิวอะลูมิเนียมต่ำ จะมีความมันวาวของผิวแผ่นฟอยล์ มีคุณสมบัติในการสะท้อนความร้อนสูง แสดงดังภาพที่ ข.1



ภาพที่ ข.1 แผ่นอะลูมิเนียมฟอยล์ที่ใช้ห่ออาหาร

ข้อดี คือ ทนความชื้นได้ดี ไม่ติดไฟและไม่ลามไฟ ไม่ฉีกขาดง่าย แต่ข้อเสีย คือ ขาดคุณสมบัติในการป้องกันเสียง

นอกจากนี้ยังมีวัสดุที่เราพบเห็นกันบ่อยที่ใช้ในสำนักงานทั่วไป โดยมีสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนและยึดติดแน่น ทนต่อทุกสภาวะแวดล้อม ไม่เปลี่ยนรูปแม้ถูกความร้อนหรือความเย็นจากธรรมชาติ สามารถฉีกได้ด้วยมือ วัสดุดังกล่าว คือ เทปผ้า (Cloth Tape)

**เทปผ้า (Cloth Tape)** มีสมบัติทนทานต่อแรงดึง เหนียวและติดแน่นกว่าเทปกาวรุ่นอื่น ๆ วัสดุประกอบไปด้วย โพลีเอทิลีน และกายาวยางธรรมชาติ ซึ่งมีคุณสมบัติไม่เปื่อยยุ่ยง่าย ทนต่อกรด ด่าง และสารเคมีต่าง ๆ ประโยชน์คือใช้เชื่อมวัสดุต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่น การซีลกล่องที่ต้องรับน้ำหนักมาก และรองรับแรงดันสูง หรือการซีลสิ่งของในงานอุตสาหกรรมที่ต้องการคุณภาพสูงใช้ได้ทั้งในโรงงาน สถานศึกษา และครัวเรือน แสดงดังภาพที่ ข.2



ภาพที่ ข.2 เทปผ้า (Cloth Tape) สีต่าง ๆ

### บันทึกหลังสอน

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้บันทึก/ผู้สอน  
 ( นายประกิจ วรเลิศ )  
 ...../...../.....

ข้อเสนอแนะ/ตรวจสอบ/ นิเทศของหัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

.....

.....

.....

.....

หัวหน้ากลุ่มสาระฯ

(นายกอบเกียรติ มฤตกุล)  
 ...../...../.....

ข้อเสนอแนะ/ตรวจสอบ/นิเทศของรองผู้อำนวยการโรงเรียนฝ่ายวิชาการ

.....

.....

.....

.....

รองผู้อำนวยการโรงเรียน

(นายประถม นิธรัมย์)  
 ...../...../.....

#### ภาคผนวก ค

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ ค.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์

| ข้อ | คะแนนความคิดเห็น<br>ของผู้เชี่ยวชาญ |         |         | IOC | ข้อ | คะแนนความคิดเห็น<br>ของผู้เชี่ยวชาญ |         |         | IOC |
|-----|-------------------------------------|---------|---------|-----|-----|-------------------------------------|---------|---------|-----|
|     | คนที่ 1                             | คนที่ 2 | คนที่ 3 |     |     | คนที่ 1                             | คนที่ 2 | คนที่ 3 |     |
| 1   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 16  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 2   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 17  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 3   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 18  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 4   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 19  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 5   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 20  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 6   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 21  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 7   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 22  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 8   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 23  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 9   | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 24  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 10  | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 25  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 11  | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 26  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 12  | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 27  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 13  | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 28  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 14  | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 29  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |
| 15  | 1                                   | 1       | 1       | 1   | 30  | 1                                   | 1       | 1       | 1   |

ตารางที่ ค.2 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายชื่อของแบบวัดมโนคติ  
วิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

| ข้อที่ | ค่าความ<br>ยากง่าย (P) | ค่าอำนาจ<br>จำแนก (r) | ข้อที่ | ค่าความ<br>ยากง่าย (P) | ค่าอำนาจ<br>จำแนก (r) |
|--------|------------------------|-----------------------|--------|------------------------|-----------------------|
| 1      | 0.64                   | 0.55                  | 16     | 0.45                   | 0.36                  |
| 2      | 0.41                   | 0.45                  | 17     | 0.36                   | 0.55                  |
| 3      | 0.45                   | 0.55                  | 18     | 0.50                   | 0.45                  |
| 4      | 0.59                   | 0.45                  | 19     | 0.55                   | 0.55                  |
| 5      | 0.68                   | 0.64                  | 20     | 0.45                   | 0.55                  |
| 6      | 0.36                   | 0.55                  | 21     | 0.68                   | 0.64                  |
| 7      | 0.50                   | 0.45                  | 22     | 0.50                   | 0.64                  |
| 8      | 0.41                   | 0.64                  | 23     | 0.41                   | 0.45                  |
| 9      | 0.32                   | 0.45                  | 24     | 0.41                   | 0.64                  |
| 10     | 0.55                   | 0.55                  | 25     | 0.45                   | 0.55                  |
| 11     | 0.73                   | 0.36                  | 26     | 0.41                   | 0.45                  |
| 12     | 0.68                   | 0.45                  | 27     | 0.64                   | 0.55                  |
| 13     | 0.50                   | 0.45                  | 28     | 0.59                   | 0.45                  |
| 14     | 0.55                   | 0.55                  | 29     | 0.41                   | 0.45                  |
| 15     | 0.50                   | 0.64                  | 30     | 0.41                   | 0.45                  |

#### ภาคผนวก ง

คะแนนนิมิตวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน และหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตารางที่ ง.1 คะแนนแบบทดสอบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี  
(คะแนนเต็ม 60 คะแนน)

| เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน | คะแนนหลังเรียน | เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน | คะแนนหลังเรียน |
|--------|----------------|----------------|--------|----------------|----------------|
| 1      | 11             | 41             | 22     | 11             | 49             |
| 2      | 9              | 41.5           | 23     | 7              | 42             |
| 3      | 7              | 38             | 24     | 12             | 39             |
| 4      | 6              | 40.5           | 25     | 8              | 37.5           |
| 5      | 9              | 38.5           | 26     | 11             | 43.5           |
| 6      | 8              | 35.5           | 27     | 5              | 38.5           |
| 7      | 5              | 39             | 28     | 8              | 34.5           |
| 8      | 10             | 41.5           | 29     | 6              | 48             |
| 9      | 7              | 40.5           | 30     | 9              | 48.5           |
| 10     | 9              | 52.5           | 31     | 8              | 43             |
| 11     | 9              | 47.5           | 32     | 10             | 40             |
| 12     | 4              | 39             | 33     | 8              | 43             |
| 13     | 6              | 43             | 34     | 6              | 47             |
| 14     | 7              | 37.5           | 35     | 6              | 56             |
| 15     | 8              | 40.5           | 36     | 11             | 52.5           |
| 16     | 11             | 44             | 37     | 8              | 39.5           |
| 17     | 10             | 40.5           | 38     | 8              | 36             |
| 18     | 7              | 39             | 39     | 11             | 37             |
| 19     | 4              | 45             | 40     | 7              | 42.5           |
| 20     | 12             | 50.5           | 41     | 7              | 40.5           |
| 21     | 10             | 34.5           | 42     | 8              | 42.5           |

ตารางที่ ง.2 คะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 1 แบบปรนัย 4 ตัวเลือก  
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

| เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน | คะแนนหลังเรียน | เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน | คะแนนหลังเรียน |
|--------|----------------|----------------|--------|----------------|----------------|
| 1      | 11             | 22             | 22     | 11             | 25             |
| 2      | 9              | 22             | 23     | 7              | 22             |
| 3      | 7              | 21             | 24     | 12             | 23             |
| 4      | 6              | 22             | 25     | 8              | 20             |
| 5      | 9              | 23             | 26     | 11             | 24             |
| 6      | 8              | 19             | 27     | 5              | 20             |
| 7      | 5              | 20             | 28     | 8              | 20             |
| 8      | 10             | 21             | 29     | 6              | 24             |
| 9      | 7              | 22             | 30     | 9              | 23             |
| 10     | 9              | 27             | 31     | 8              | 24             |
| 11     | 9              | 24             | 32     | 10             | 22             |
| 12     | 4              | 21             | 33     | 8              | 22             |
| 13     | 6              | 24             | 34     | 6              | 24             |
| 14     | 7              | 21             | 35     | 6              | 29             |
| 15     | 8              | 23             | 36     | 11             | 26             |
| 16     | 11             | 22             | 37     | 8              | 21             |
| 17     | 10             | 22             | 38     | 8              | 20             |
| 18     | 7              | 19             | 39     | 11             | 21             |
| 19     | 4              | 24             | 40     | 7              | 23             |
| 20     | 11             | 25             | 41     | 7              | 22             |
| 21     | 10             | 20             | 42     | 8              | 22             |



ตารางที่ ง.3 คะแนนแบบทดสอบวัดมโนมติวิทยาศาสตร์ ส่วนที่ 2 อธิบายเหตุผลของคำตอบ  
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (คะแนนเต็ม 30 คะแนน)

| เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน | คะแนนหลังเรียน | เลขที่ | คะแนนก่อนเรียน | คะแนนหลังเรียน |
|--------|----------------|----------------|--------|----------------|----------------|
| 1      | 0              | 19             | 22     | 0              | 24             |
| 2      | 0              | 19.5           | 23     | 0              | 20             |
| 3      | 0              | 17             | 24     | 0              | 16             |
| 4      | 0              | 18.5           | 25     | 0              | 17.5           |
| 5      | 0              | 15.5           | 26     | 0              | 19.5           |
| 6      | 0              | 16.5           | 27     | 0              | 18.5           |
| 7      | 0              | 19             | 28     | 0              | 14.5           |
| 8      | 0              | 20.5           | 29     | 0              | 24             |
| 9      | 0              | 18.5           | 30     | 0              | 25.5           |
| 10     | 0              | 25.5           | 31     | 0              | 19             |
| 11     | 0              | 23.5           | 32     | 0              | 18             |
| 12     | 0              | 18             | 33     | 0              | 21             |
| 13     | 0              | 19             | 34     | 0              | 23             |
| 14     | 0              | 16.5           | 35     | 0              | 27             |
| 15     | 0              | 17.5           | 36     | 0              | 26.5           |
| 16     | 0              | 22             | 37     | 0              | 18.5           |
| 17     | 0              | 18.5           | 38     | 0              | 16             |
| 18     | 0              | 20             | 39     | 0              | 16             |
| 19     | 0              | 21             | 40     | 0              | 19.5           |
| 20     | 1              | 25.5           | 41     | 0              | 18.5           |
| 21     | 0              | 14.5           | 42     | 0              | 20.5           |

ภาคผนวก จ  
บทความวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่



## บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ สำนักงานส่งเสริมบริหารงานวิจัยฯ สำนักงานอธิการบดี โทร. ๓๐๓๕

ที่ ศธ ๐๕๒๙.๑.๔/๑๗๑๑

วันที่ ๖ มิถุนายน ๒๕๕๙

เรื่อง ตอบรับการนำเสนอและตีพิมพ์ผลงานวิจัยในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๐

เรียน นายประกิจ วรเลิศ (คณะวิทยาศาสตร์)

ตามที่ท่านส่งผลงานวิจัยเรื่อง การศึกษามโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็ม เพื่อนำเสนอผลงานในรูปแบบบรรยาย (Oral Presentation) ในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๐ วันที่ ๗-๘ กรกฎาคม พ.ศ.๒๕๕๙ ณ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี และประสงค์ตีพิมพ์ผลงานดังกล่าวในหนังสือประมวลบทความในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๐ (Proceedings) นั้น

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานีขอแจ้งให้ทราบว่าผลงานวิจัยของท่านผ่านการพิจารณาให้นำเสนอผลงานวิจัยและบทความจะได้รับการตีพิมพ์ในหนังสือประมวลบทความในการประชุมทางวิชาการระดับชาติ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๐ (Proceedings) มีกำหนดเผยแพร่ในวันที่ ๙ กันยายน พ.ศ.๒๕๕๙ เป็นต้นไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อินทิรา ชาสีร์)

รองอธิการบดีฝ่ายวิจัยและพันธกิจสังคม

หัวหน้ากองบรรณาธิการการประชุมวิชาการ มอบ.วิจัย ครั้งที่ ๑๐

การศึกษามโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี  
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา  
Studying of Scientific Concepts and Learning Gain on the Rate of Chemical  
Reactions of Grade 11 students learning through STEM Education

ประกิจ วรเลิศ<sup>1</sup> ประพนอม แซ่จิ่ง<sup>1</sup> สนธิ พลชัยยา<sup>2</sup> และ กานต์ตะวัน วุฒิสเลา<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

<sup>2</sup>สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

\*E-mail : karntarat.w@ubu.ac.th

### บทคัดย่อ

งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการออกแบบอุปกรณ์เก็บแก๊สของนักเรียน เปรียบเทียบคะแนนมโนคติวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนและผิดหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 40 คน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 แบบแผนการวิจัย คือ แบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบริค และแบบทดสอบชนิดเลือกตอบพร้อมให้เหตุผล จำนวน 30 ข้อ ผลการวิจัย พบว่า อุปกรณ์เก็บแก๊สที่นักเรียนออกแบบเองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 77 นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนมโนคติวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 คะแนนร้อยละของมโนคติวิทยาศาสตร์ที่สูงที่สุดในเนื้อหา เรื่อง ความหมายของปฏิกิริยาและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากการวิเคราะห์ความก้าวหน้าทางการเรียน นักเรียนมีมโนคติวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทุกเนื้อหา ส่วนมโนคติที่ผิดลดลงทุกเนื้อหา นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนและผิดมากที่สุดว่าปฏิกิริยาจะเกิดสำเร็จก็ต่อเมื่อสารตั้งต้นมีพลังงานมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์ คิดเป็นร้อยละ 57.50

**คำสำคัญ :** มโนคติวิทยาศาสตร์ ความก้าวหน้าทางการเรียน อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

### Abstract

This research objectives were to evaluate the abilities in designing a gas storage device, to compare pre- and post- scientific concepts (SC), and to explore alternative concepts (AC) and misconceptions (MC) of grade 11 students after participating a science, technology, engineering and mathematics (STEM) activity on the rates of chemical reactions. Participants were 40 students of grade 11 in second semester of academic year 2015. The research manner was one-group pretest posttest design. Research instruments were STEM-based lesson plans, scoring rubrics, and 30 two-tier questions. Finding revealed that the average score of students' abilities in designing a gas storage device was 77%. The posttest score of SC of students after learning through a STEM activity were higher than the pretest score at the significant level of .05. According to the SC, the students had the highest scores



on the definition of reaction and the rate of chemical reactions. Based on the normalized gain analysis, students' SC were increased for all contents where MC were decreased. Results also indicated that majority of students perceived particular AC and MC as they thought the reaction will be complete only when the reactants has higher energy than activation energy and their score was 57.50 %.

**Keywords :** Scientific Concept, Learning Gain, Rate of Chemical Reaction, STEM Education

## บทนำ

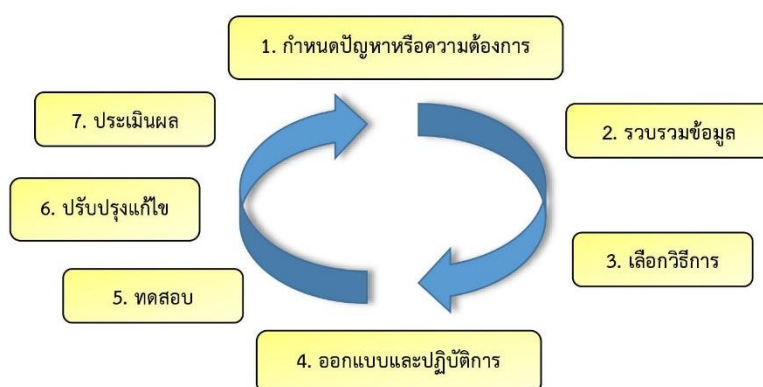
วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ในสังคมแห่งการเรียนรู้ ทุกคนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพ ตลอดจนเทคโนโลยี ผลผลิตต่างๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นมาเพื่อใช้อำนวยความสะดวก สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่นๆ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) จึงมีการส่งเสริมให้ครูจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) ซึ่งนำมาใช้ในประเทศไทยตั้งแต่ปี พ.ศ. 2515 โดยผ่านกิจกรรมการสำรวจ การทดลอง เพื่อให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในแนวความคิดหลัก (concept) ทางวิทยาศาสตร์ พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills) (ประมวล, 2541) ผลการวิจัยพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry) มีประสิทธิภาพในการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนคติทางวิทยาศาสตร์ ควบคู่กับการพัฒนาทักษะกระบวนการและเจตคติวิทยาศาสตร์ (ศักดิ์ศรี, 2554) ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย สามารถสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยตัวเอง (ธวัช, 2553; นิพนธ์, 2557) อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำและปานกลางให้เข้าใจมโนคติได้ดีขึ้น

อย่างไรก็ตาม การเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในโรงเรียนนั้น เป็นการเรียนรู้ที่แยกออกจากกันอย่างอิสระ ทำให้ผู้เรียนไม่เห็นว่าการเรียนหรือคณิตศาสตร์นั้นมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เกิดความเบื่อหน่ายในการเรียนและขาดทักษะในการนำสิ่งที่ได้เรียนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง (รักษพล, 2556) ส่งผลให้ประเทศไทยยังมีขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ด้อยกว่าหลายประเทศ โดยผลจากการทดสอบความรู้โดย PISA และ TIMSS แสดงให้เห็นว่าเยาวชนไทยด้อยกว่าเยาวชนอีกหลายประเทศ สาเหตุหลักเกิดจากการเรียนแบบท่องจำ แต่ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์ อีกทั้งปัจจุบันไทยเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลางซึ่งในอนาคตข้างหน้าค่าแรงของไทยกำลังเพิ่มสูงขึ้นและทรัพยากรเริ่มขาดแคลน เพื่อยกระดับรายได้ให้สูงขึ้นไทยจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และทักษะในการสร้างนวัตกรรมเป็นสิ่งที่คนรุ่นใหม่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา รวมทั้งกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อรองรับการแข่งขันในอนาคต ซึ่งเห็นได้จากข้อมูลในปี 2554 ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน 39 ล้านคน แต่มีเพียง 3 ล้านคน ที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหรือกำลังคนด้านสะเต็ม (มนตรี, 2556) จากปัญหาดังกล่าวสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สสวท.) จึงเล็งเห็นความสำคัญและได้นำการจัดการศึกษาแบบบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เรียกว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) เข้ามาใช้ในประเทศไทยเมื่อปี พ.ศ. 2556 เพื่อมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21 (สุพรรณิ, 2557; พรทิพย์, 2556) ทั้งนี้ยังช่วยฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาและสร้างทักษะการหาข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์สาขาต่างๆ มาบูรณาการกัน เพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริงได้ (มนตรี, 2556)





การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จะมีกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งที่ใช้กันในประเทศสหรัฐอเมริกา นั้นอาจมีหลายรูปแบบแต่ส่วนที่สำคัญนั้นจะประกอบด้วย 1.ปัญหาหรือความต้องการ 2. แนวทางการแก้ปัญหา 3. การลงมือปฏิบัติเพื่อแก้ปัญหา และ 4.การทดสอบและประเมินผล (Standard for Technology Education by International Technology and Engineering Educators Association: ITEEA) (อภิสิทธิ์, 2556) แต่สำหรับการศึกษาวิชาการออกแบบและเทคโนโลยีในประเทศไทยนั้น ได้มุ่งเน้นการปฏิบัติโดยผ่านกระบวนการเทคโนโลยี (technological process) ซึ่งเป็นกระบวนการของการวางแผนการทำงานอย่างเป็นขั้นตอนหรืออาจเทียบได้กับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ซึ่งมีลักษณะของวงจรการทำงาน (interactive cycle) โดยแบ่งออกเป็น 7 ขั้นตอน (อภิสิทธิ์, 2556; กวิน, 2556) ดังนี้



ภาพที่ 1 วงจรกระบวนการเทคโนโลยี (Technological process)

ขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญในการออกแบบวิศวกรรมศาสตร์ คือ “การเลือกวิธีในการแก้ปัญหา” โดยสะท้อนให้เห็นว่า แนวทางในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงนั้นสามารถเป็นไปได้หลากหลายวิธี แต่การที่จะได้มาซึ่งวิธีที่ดีที่สุดนั้น จำเป็นต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้าช่วย (กวิน, 2556) จากผลการวิจัย พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (พลศักดิ์, 2558) อีกทั้งทำให้นักเรียนมีเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Dowey, 2013; กวิน, 2556; พลศักดิ์, 2558) มองเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยีและวิศวกรรม สามารถนำมาใช้แก้ปัญหา และมีเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพที่ในสาขาเกี่ยวข้องกับ STEM (Tseng *et al.*, 2013) อีกทั้งสามารถลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น (Han *et al.*, 2014)

เคมีเป็นสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีสาระที่น่าสนใจต่อการเรียนรู้และการเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์อื่นๆ เช่น ชีววิทยา ฟิสิกส์ และวัสดุศาสตร์ ซึ่งส่วนมากเคมีจะเกี่ยวข้องกับเรื่องของนามธรรมที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้ ทำให้นักเรียนจำนวนมากมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับวิชาเคมี (ศักดิ์ศรี, 2555) อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งเป็นมโนคติหนึ่งที่สำคัญ เพราะปรากฏการณ์หลายอย่างที่พบในชีวิตประจำวันของนักเรียนเกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หากนักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐาน หรือมีมโนคติที่ผิด และคลาดเคลื่อนไป อาจส่งผลต่อการเรียนหรือการศึกษามโนคติวิชาเคมีขั้นสูงต่อไปในอนาคต เช่น เรื่อง สมดุลเคมี และกรด-เบส ได้ ลำพูน สิงห์ษา (2555) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย พบว่า นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณ



ในระดับปานกลางและผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ส่วนความเข้าใจโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนมีความเข้าใจโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์ในระดับสมบูรณ์และระดับไม่สมบูรณ์สูงขึ้น และมีความเข้าใจโน้มน้าวในระดับคลาดเคลื่อนบางส่วน ระดับคลาดเคลื่อนและระดับไม่เข้าใจลดลง โดยนักเรียนมีการปรับเปลี่ยนโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสูงสุด คือ ร้อยละ 76.09 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 67.40 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 56.52 พลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี และอุณหภูมิของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 50.00 ตัวเร่งตัวหน่วงกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ ร้อยละ 30.43 และพื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี น้อยสุด คือ ร้อยละ 28.26 และยังมีรายงานผลการศึกษานโน้มน้าวที่คลาดเคลื่อน ของ Gultekin Cakmakci (2010) เรื่อง จลนพลศาสตร์เคมี ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเทศตุรกี พบว่า นักเรียนที่มีโน้มน้าวที่คลาดเคลื่อนมาก 2 ลำดับแรก ซึ่งตอบว่าการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะเพิ่มหรือลดอัตราการเกิดปฏิกิริยาอันดับที่ศูนย์ คิดเป็น 65.7 % และการอธิบายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงอัตราการเกิดปฏิกิริยากับการดำเนินไปของปฏิกิริยา คิดเป็น 60.1 % จะเห็นได้ว่านักเรียนจำนวนมากยังมีโน้มน้าวที่คลาดเคลื่อนในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งต้องได้รับการพัฒนาด้วยกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสม ดังนั้น ผู้วิจัยนำแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามาใช้จัดการเรียนรู้

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลการออกแบบอุปกรณ์เก็บแก๊ส เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนโน้มน้าวทางวิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
3. เพื่อศึกษานโน้มน้าวที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

### ขอบเขตการวิจัย

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 จำนวน 40 คน โดยเลือกแบบเจาะจงจากประชากรชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 8 ห้อง รวม 284 คน ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนกระสังพิทยาคม

### วิธีการวิจัย

1. แบบแผนที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีลำดับขั้นตอน ดังนี้ (1) ทดสอบก่อนเรียน (2) จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (3) ทดสอบหลังเรียน โดยข้อสอบเป็นชุดเดียวกับก่อนเรียน แต่สลับข้อคำถาม

#### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 3 แผน เวลา 12 ชั่วโมง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีขั้นตอนดังต่อไปนี้

#### 1. กำหนดปัญหาหรือความต้องการ

สถานการณ์ที่ 1 พื้นที่ผิวมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่



โดยครูสุ่มตัวแทนนักเรียนมาสาธิตการทดลอง ปฏิกริยาของลวดแมกนีเซียมกับน้ำส้มสายชู แล้วให้นักเรียนสังเกต และใช้คำถามกระตุ้นว่า “ถ้านำลวดแมกนีเซียม มาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ 6 ชิ้น นักเรียนคิดว่าจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ เมื่อเปรียบเทียบกับลวดแมกนีเซียม (Mg) ที่ไม่ได้นำมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ที่มีมวลเท่ากัน” นักเรียนและครูร่วมกันอภิปราย

#### สถานการณ์ที่ 2 การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาและการสร้างอุปกรณ์วัดแก๊สอย่างง่าย

ครูให้สถานการณ์ “ถ้าเปลี่ยนสารตั้งต้นจากลวดแมกนีเซียมเป็นเปลือกไข่ไก่ นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร ที่จะพิสูจน์ว่า พื้นที่ผิวของเปลือกไข่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อย่างไร และเนื่องจากอุปกรณ์ในห้องแล็บไม่เพียงพอ ดังนั้น นักเรียนจะต้องสร้างอุปกรณ์ในการวัดแก๊สขึ้นเอง ซึ่งแต่ละกลุ่มจะต้อง เลือกใช้อุปกรณ์อย่างง่าย ได้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และคุ้มค่า”

เงื่อนไข คือ สร้างอุปกรณ์วัดแก๊สที่สามารถวัดแก๊สได้ปริมาณที่ใกล้เคียงกับการใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปของครู โดยมีงบประมาณให้จำกัด คือกลุ่มละ 100 บาท

2. รวบรวมข้อมูล แต่ละกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นปัญหาที่ได้ เพื่อนำไปสู่การสร้างสมมติฐานที่เหมาะสมผลเพื่อใช้แก้ปัญหา

3. เลือกวิธีการ นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้ความรู้จากการอภิปรายและเก็บรวบรวมข้อมูลในการเลือกวิธีการวัดแก๊สที่เกิดขึ้นว่าจะวัดแบบใด โดยพิจารณาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ครูเตรียมไว้ให้เพื่อสร้างอุปกรณ์วัดแก๊ส

4. ออกแบบและปฏิบัติ ให้แต่ละกลุ่มได้อภิปราย วางแผน ออกแบบ และประดิษฐ์อย่างอิสระ ครูคอยสังเกตถามคำถาม ตอบคำถามหรือให้คำแนะนำ จากนั้นให้นักเรียนออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองเอง ใส่ลงในกระดาษชาร์ต เพื่อนำเสนอผลการทดลอง

5. ทดสอบ แต่ละกลุ่มทดลองตามที่วางแผนไว้ โดยวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาใน 120 วินาที วัดแก๊สที่เกิดขึ้น และให้แต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองที่ได้ตามมุมต่างๆของห้องเรียน จากนั้นให้นักเรียนเดินดูการออกแบบและผลการทดลองของกลุ่มเพื่อน พร้อมเขียนข้อเสนอแนะหรือให้คำแนะนำกลุ่มเพื่อน

6. การปรับปรุง นักเรียนและครูร่วมกันอภิปรายกระบวนการทดลอง การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ รวมทั้งแนวทางในการปรับปรุงแก้ไข และร่วมกันอภิปรายเพื่อให้ได้ข้อสรุปเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากอุปกรณ์วัดแก๊สที่สร้างขึ้น เช่น ถ้าเราต้องการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของเม็ดยาฟองฟูก็สามารถสร้างอุปกรณ์ในการทดลองเองได้ จากนั้นขยายความรู้ผลของพื้นที่ผิวต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่อยู่ในชีวิตประจำวัน เช่น การรับประทานอาหารจะต้องเคี้ยวให้ละเอียดก่อนกลืน เพราะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของอาหาร ทำให้กรดและเอนไซม์ในน้ำย่อยในกระเพาะอาหารทำปฏิกิริยากับอาหารได้เร็วขึ้น อาหารจึงย่อยง่ายขึ้น ป้องกันการเกิดอาการจุกเสียดแน่น ท้องอืดท้องเฟ้อได้

7. ประเมินผล ครูประเมินจากผลงาน โดยมีอัตราส่วนการให้คะแนนดังตารางที่ 1

2.2 แบบทดสอบวัดมโนคติวิวิทยาศาสตร์ ก่อนเรียน-หลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเป็นข้อสอบชนิด 2 ลำดับชั้น (two-tier diagnostic test) ชั้นที่ 1 เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ส่วนชั้นที่ 2 เป็นการอธิบายเหตุผลของคำตอบ จำนวน 30 ข้อ โดยแบบทดสอบทั้งหมดแบ่งออกเป็น 3 เรื่อง ได้แก่ ความหมายของปฏิกิริยาและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อย่างละ 10 ข้อ

#### วิธีวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยมีวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้





1. วิเคราะห์การออกแบบอุปกรณ์เก็บแก๊สของนักเรียน โดยใช้เกณฑ์รูบริก (ตารางที่ 1) ในการประเมินชิ้นงาน 40 คะแนน ต้นทุนการผลิต เวลาที่ใช้ และการนำเสนอ อย่างละ 20 คะแนน รวม 100 คะแนน

ตารางที่ 1 เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมินชิ้นงานสะเต็มศึกษา

| ระดับ<br>รายการประเมิน                                    | ดีมาก<br>(4 คะแนน)    | ดี<br>(3 คะแนน)       | พอใช้<br>(2 คะแนน)    | ควรปรับปรุง<br>(1 คะแนน)    |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 1. ผลงาน สามารถวัด<br>ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้น              | 31-40 cm <sup>3</sup> | 21-30 cm <sup>3</sup> | 11-20 cm <sup>3</sup> | น้อยกว่า 11 cm <sup>3</sup> |
| 2. ต้นทุนที่ใช้ประดิษฐ์                                   | ไม่เกิน 70 บาท        | 71 – 80 บาท           | 81 – 90 บาท           | มากกว่า 90 บาท              |
| 3. เวลาที่ใช้ประดิษฐ์                                     | ไม่เกิน 30 นาที       | 31 – 35 นาที          | 36 – 40 นาที          | มากกว่า 40 นาที             |
| 4. การนำเสนอผลงาน                                         |                       |                       |                       |                             |
| 4.1 อธิบายขั้นตอนการ<br>ทดลอง                             | ครบ<br>ทั้ง 4 ขั้นตอน | 3 ขั้นตอน             | 2 ขั้นตอน             | 1 ขั้นตอน                   |
| 4.2 อธิบายเหตุผลทาง<br>วิทยาศาสตร์ในการเลือกซื้อ<br>วัสดุ | ทุกชนิด               | ขาดไป<br>1-2 ชนิด     | ขาดไป<br>3-4 ชนิด     | ขาดไป<br>มากกว่า 4 ชนิด     |

2. มโนคติทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ มโนคติถูกต้อง (Scientific concept; SC) คือ ตอบถูกทั้งตัวเลือกและเหตุผล ได้ 2 คะแนน มโนคติคลาดเคลื่อนหรือมโนคติทางเลือก (Alternative conceptions; AC) คือ ตอบตัวเลือกถูก แต่เหตุผลผิด หรือตัวเลือกผิดแต่เหตุผลถูก (ถูกต้องเป็นบางส่วนแต่ไม่สมบูรณ์) ได้ 0.5-1.5 คะแนน และมโนคติที่ผิด (Misconception; MC) คือ ตอบผิดทั้งตัวเลือกและเหตุผล ได้ 0 คะแนน (Supasorn and Promarak, 2015)

3. เปรียบเทียบคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่าง ไม่อิสระต่อกัน (Dependent-samples t-test analysis) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. ความก้าวหน้าทางการเรียน โดยใช้ normalized gain ตามทฤษฎีของ Hake (1988) อ้างโดย มิรันตี (2557) โดยแยกออกเป็น 3 ระดับ คือ high gain ( $\langle g \rangle \geq 0.7$ ) medium gain ( $0.3 < \langle g \rangle < 0.7$ ) และ low gain ( $\langle g \rangle \leq 0.3$ )

### ผลการวิจัย

ผลการวิจัยแบ่งเป็น 3 ตอน ตามวัตถุประสงค์ ได้แก่ การออกแบบอุปกรณ์เก็บแก๊ส เปรียบเทียบคะแนน มโนคติทางวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนก่อนเรียนและหลังเรียน

#### ตอนที่ 1 การออกแบบอุปกรณ์เก็บแก๊สของนักเรียน

ผู้วิจัยจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา โดยให้นักเรียนออกแบบอุปกรณ์เก็บแก๊สจากวัสดุที่หาง่าย ราคาถูก คุ้มทุน และสามารถวัดแก๊สได้ แสดงดังภาพที่ 2





ภาพที่ 2 อุปกรณ์เก็บแก๊สด้วยการแทนที่น้ำของ (a) ครู (b) นักเรียนกลุ่มที่ 1-7 และ (c) นักเรียนกลุ่มที่ 8

ครูนำเสนออุปกรณ์เก็บแก๊สด้วยการแทนที่น้ำ (ภาพที่ 2a) โดยใช้อุปกรณ์สายยางเป็นท่อส่งแก๊ส นักเรียนในกลุ่มที่ 1-7 ใช้หลอดดูดขนาดกลางและขนาดใหญ่ (ภาพที่ 2b) แต่ในกลุ่มที่ 8 นักเรียนออกแบบอุปกรณ์โดยทำปฏิกิริยาเคมีในหลอดฉีดยาและใช้หลอดฉีดยาในการเก็บแก๊ส (ภาพที่ 3b) โดยส่วนประกอบของอุปกรณ์ แบ่งเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ขวดบรรจุสารตั้งต้น ส่วนของท่อส่งแก๊ส และส่วนเก็บแก๊ส แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 วัสดุที่ใช้ในการออกแบบอุปกรณ์เก็บแก๊ส ราคาวัสดุ ปริมาตรแก๊สที่เกิดขึ้นของครูและนักเรียนกลุ่มต่าง ๆ

| ผู้ออกแบบ         | อุปกรณ์ที่ใช้ในส่วนต่าง ๆ |                    |              | ราคาวัสดุ<br>(บาท) | ปริมาตรแก๊สที่<br>เกิดขึ้น (cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------|---------------------------|--------------------|--------------|--------------------|-----------------------------------------------|
|                   | ขวดบรรจุ<br>สารตั้งต้น    | ท่อส่งแก๊ส         | ส่วนเก็บแก๊ส |                    |                                               |
| ครู               | ขวด 300 ml                | สายยาง             | กระบอกตวง    | 73                 | 40                                            |
| นักเรียนกลุ่ม 1-7 | ขวดขนาดต่างๆ              | หลอดดูดขนาดต่างๆ   | กระบอกตวง    | 70-99              | 17-33                                         |
| นักเรียนกลุ่ม 8   | หลอดฉีดยา                 | หลอดขนาดเล็กที่สุด | หลอดฉีดยา    | 60                 | 10                                            |

จากตารางที่ 2 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่จะสร้างอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายกับอุปกรณ์ต้นแบบของครู โดยต่างกันที่วัสดุที่ทำท่อส่งแก๊สเป็นหลอดขนาดต่างๆ ซึ่งอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถวัดแก๊สได้ใกล้เคียงกับอุปกรณ์ต้นแบบของครู คือ อยู่ในช่วง 17-33 ลูกบาศก์เซนติเมตร แต่ราคาของวัสดุจะแพงกว่า ส่วนในกลุ่มที่ 8 นั้นเป็นกลุ่มเดียวที่คิดอุปกรณ์แตกต่างจากกลุ่มอื่น และใช้งบประมาณในการทำน้อยที่สุด แต่ประสิทธิภาพของอุปกรณ์นั้นสามารถวัดแก๊สที่เกิดขึ้นได้น้อยที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่า การเลือกวิธีในการแก้ปัญหาที่มีความสำคัญในการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อให้ได้วิธีที่ดีที่สุด โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีเข้ามาช่วย (กวิน, 2556) ทั้งนี้ ในการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้น ยังช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการทำงานร่วมกัน ใช้ความรู้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีการอภิปรายและนำเสนอและปรับปรุงแก้ไขผลงานเพื่อให้ดีขึ้น (รักษพล, 2556) จึงส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้หรือสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริง (Tseng, 2013) และได้ชิ้นงานที่สามารถวัดแก๊สที่เกิดขึ้นได้ ซึ่งผลงานของแต่ละกลุ่มถูกประเมินตามคะแนนรูบริก คะแนนเต็ม 100 คะแนน โดยผลงานมีคะแนนเต็ม 40 คะแนน นอกนั้นเต็ม 20 คะแนน โดยแต่ละกลุ่มได้คะแนนดังแสดงในตารางที่ 3



ตารางที่ 3 คะแนนการสร้างอุปกรณ์เก็บแก๊สของแต่ละกลุ่ม

| กลุ่มที่ | 1  | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | ค่าเฉลี่ย |
|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----------|
| ผลงาน    | 40 | 30 | 30 | 30 | 35 | 40 | 40 | 25 | 34        |
| ต้นทุน   | 15 | 15 | 10 | 15 | 10 | 5  | 5  | 20 | 12        |
| เวลา     | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20        |
| นำเสนอ   | 5  | 10 | 15 | 5  | 10 | 10 | 15 | 20 | 11        |
| รวม      | 80 | 75 | 75 | 70 | 75 | 75 | 80 | 85 | 77        |

จากตารางที่ 3 พบว่า นักเรียนสามารถสร้างอุปกรณ์เก็บแก๊สภายในเวลาที่กำหนดได้ทุกกลุ่ม แต่แตกต่างกันที่คะแนนในส่วนผลงาน ต้นทุนการผลิต และการนำเสนอ โดยกลุ่มที่ได้คะแนนสูงสุด คือ กลุ่มที่ 8 (85 คะแนน) ทั้งนี้เนื่องจากเป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง คือ นักเรียนเลขที่ 3 ที่มีผลการเรียนดีในทุกรายวิชา มีความคิดสร้างสรรค์ คิดสร้างอุปกรณ์ต่างไปจากครูและกลุ่มอื่นๆ รวมถึงการนำเสนอ อธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการเลือกซื้อวัสดุทุกชนิด จึงทำให้นักเรียนกลุ่มนี้มีคะแนนสูงสุด ส่วนกลุ่มที่ได้คะแนนต่ำสุด คือกลุ่มที่ 4 (70 คะแนน) ทั้งนี้เนื่องจากในการนำเสนอผลงาน นักเรียนอธิบายเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในการเลือกซื้อวัสดุได้น้อย รวมถึงคะแนนผลงานของเครื่องมือวัดแก๊ส ซึ่งสามารถวัดแก๊สที่เกิดขึ้นได้เพียง 16 ลูกบาศก์เซนติเมตร จึงส่งผลให้มีคะแนนต่ำสุด

#### ตอนที่ 2 คะแนนนิมิตวิทยาาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน คะแนนเต็มแต่ละเนื้อหาเท่ากับ 20 พบว่า นักเรียนมีคะแนนนิมิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 (ตารางที่ 4) โดยมีคะแนนนิมิตหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน 3.4 เท่า และมีความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ( $<g=0.51$ ) แสดงให้เห็นว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพในการพัฒนาความเข้าใจนิมิต เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้

ตารางที่ 4 คะแนนนิมิตวิทยาาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แยกตามเนื้อหา

| เนื้อหา*  | ก่อนเรียน |      |       | หลังเรียน |      |       | <g>  | t-test** |      |
|-----------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|------|----------|------|
|           | Mean      | SD   | %     | Mean      | SD   | %     |      | t        | P    |
| 1         | 3.10      | 1.13 | 15.50 | 13.90     | 2.05 | 69.50 | 0.64 | 31.41    | 0.00 |
| 2         | 3.85      | 1.29 | 19.25 | 11.61     | 1.86 | 58.06 | 0.48 | 24.59    | 0.00 |
| 3         | 3.40      | 1.45 | 17.00 | 10.45     | 1.74 | 52.25 | 0.42 | 26.03    | 0.00 |
| ค่าเฉลี่ย | 3.45      | 1.29 | 17.25 | 11.99     | 1.88 | 59.94 | 0.51 | 27.34    | 0.00 |

\* เนื้อหาที่ 1 ความหมายของปฏิกิริยาและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื้อหาที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื้อหาที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

\*\*แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ  $p = 0.05$

จากผลการวิจัย พบว่า หลังจากทีนักเรียนได้รับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนร้อยละในทุกเนื้อหาสูงกว่าร้อยละ 50 โดยคะแนนร้อยละของนิมิตที่สูงที่สุดในเนื้อหา เรื่อง ความหมายของปฏิกิริยาและอัตรา





การเกิดปฏิกิริยาเคมี ร้อยละ 69.50 ซึ่งมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ( $<g>=0.64$ ) ทั้งนี้ เนื่องจากกิจกรรมในเรื่อง ความหมายของปฏิกิริยาและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนั้น เป็นกิจกรรมการทดลองที่ง่าย และเน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยครูคอยให้คำแนะนำ ตอบคำถาม และกระตุ้นด้วยคำถามตลอดเวลาระหว่างจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (รักษพล, 2556) และในเนื้อหาที่ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน ถ้านักเรียนเข้าใจความหมายของปฏิกิริยาเคมี วิธีการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนก็จะสามารถเข้าใจเรื่องนี้ได้ดี จึงทำให้นักเรียนมีร้อยละของมโนคติสูงสุด ส่วนเนื้อหาที่มีร้อยละของมโนคติต่ำสุดคือ ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ร้อยละ 52.25 ( $<g>=0.42$ ) เนื่องจากเนื้อหาเรื่องนี้มีความซับซ้อนมากขึ้น อีกทั้งกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษานั้น ผู้วิจัยเน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ แต่ให้คำแนะนำน้อยลง ทำให้นักเรียนบางกลุ่มยังมีความเข้าใจที่ผิดไปจากเนื้อหา ส่งผลให้นักเรียนมีร้อยละของมโนคติต่ำสุด

### ตอนที่ 3 มโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน

จากการวิเคราะห์ร้อยละมโนติก่อนเรียนและหลังเรียน สามารถจำแนกเป็นมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ร้อยละของนักเรียนที่มีมโนคติที่ถูกต้อง คลาดเคลื่อน และผิด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

| เนื้อหา* | มโนติก่อนเรียน |       |       | มโนติหลังเรียน |       |       | <g>  |       |       |
|----------|----------------|-------|-------|----------------|-------|-------|------|-------|-------|
|          | SC             | AC    | MC    | SC             | AC    | MC    | SC   | AC    | MC    |
| 1        | 0.00           | 31.00 | 69.00 | 54.50          | 30.00 | 15.50 | 0.55 | -0.01 | -1.73 |
| 2        | 3.25           | 32.00 | 64.75 | 42.75          | 26.75 | 30.50 | 0.41 | -0.08 | -0.97 |
| 3        | 3.25           | 27.50 | 69.25 | 31.50          | 39.50 | 29.00 | 0.29 | 0.17  | -1.31 |
| เฉลี่ย   | 2.17           | 30.17 | 67.67 | 42.92          | 32.08 | 25.00 | 0.42 | 0.03  | -1.32 |

\* เช่นเดียวกับตารางที่ 4

จากตารางที่ 5 พบว่า หลังการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษา นักเรียนมีมโนคติถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกเนื้อหา คิดเป็น 19.78 เท่า โดยมีมโนติหลังเรียนที่ถูกต้องมากที่สุด เรื่อง ความหมายของปฏิกิริยาและอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 54.50 แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษานั้น ทำให้นักเรียนมีมโนคติคลาดเคลื่อนและผิดลดลง ( $<g> = -0.01$  และ  $-1.73$  ตามลำดับ) ส่วนเนื้อหาที่นักเรียนมีมโนติหลังเรียนที่คลาดเคลื่อนและผิดมาก เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 39.50 ( $<g> = 0.17$ ) และ 29.00 ( $<g> = -1.31$ ) ตามลำดับ และเนื้อหาที่นักเรียนมีมโนติหลังเรียนที่ผิดมาก คือ เรื่อง แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี คิดเป็นร้อยละ 30.50 ( $<g> = -0.97$ ) ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ร้อยละมโนติของนักเรียนที่ตอบคลาดเคลื่อนและผิด

| เนื้อหา                             | มโนติที่คลาดเคลื่อนและผิด                                                                | ร้อยละ |
|-------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 1. ปฏิกิริยาจะเกิดสำเร็จก็ต่อเมื่อสารตั้งต้นมีพลังงานมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์           | 57.5   |
|                                     | 2. ปฏิกิริยาจะเกิดสำเร็จก็ต่อเมื่อผลิตภัณฑ์มีพลังงานมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์            | 25.0   |
|                                     | 3. ขั้นกำหนดอัตรา คือ ขั้นย่อยที่มีค่าของพลังงานก่อกัมมันต์ที่ต่ำ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็ว | 32.5   |
|                                     | 4. ปฏิกิริยาที่มีพลังงานก่อกัมมันต์สูงกว่า จะเกิดปฏิกิริยาได้ง่ายกว่า                    | 12.5   |



ตารางที่ 6 ร้อยละมโนคติของนักเรียนที่ตอบคลาดเคลื่อนและผิด (ต่อ)

| เนื้อหา                                   | มโนคติที่คลาดเคลื่อนและผิด                                                                             | ร้อยละ |
|-------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี | 1. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นหรือเพิ่มปริมาตรของสาร จะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น                      | 37.5   |
|                                           | 2. ในปฏิกิริยาคายความร้อน จะต้องลดอุณหภูมิ จึงจะทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น                          | 17.5   |
|                                           | 3. ถ้าเพิ่มความเข้มข้นจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพิ่มขึ้นแต่ปริมาณของสารผลิตภัณฑ์ไม่เพิ่มขึ้นตาม | 15.0   |

## อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า นักเรียนสามารถสร้างอุปกรณ์เก็บแก๊สภายใต้เงื่อนไขและสถานการณ์ที่กำหนดได้ โดยมีคะแนนมโนคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีร้อยละของมโนคติในทุกเนื้อหาสูงกว่าร้อยละ 50 ความก้าวหน้าทางการเรียนแบบรายชั้นเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ( $t_{sig} = 0.51$ ) จากการวิเคราะห์มโนคติที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีมโนคติที่ถูกต้องเพิ่มขึ้นและมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนและผิดพลาดลง ทั้งนี้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษานั้น ช่วยกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ (สุพรรณิ, 2557) โดยมีลักษณะคล้ายกับการเรียนรู้แบบ Project-Based หรือ Problem Based Learning ที่มีผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีการทำงานร่วมกัน ใช้ความรู้เป็นพื้นฐานในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีการอภิปราย วิพากษ์วิจารณ์และนำเสนอ (รักษพล, 2556) ซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้ที่ช่วยส่งผลให้เกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ พัฒนาทักษะในการเรียนรู้ตลอดชีวิตและทักษะสำคัญของการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 (สุพรรณิ, 2557; พรทิพย์, 2556; รักษาพล, 2556) ส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ (Tseng, 2013; มนตรี, 2556) แต่อย่างไรก็ตามยังมีนักเรียนบางส่วนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนและผิดมากในเรื่อง แนวคิดในการเกิดปฏิกิริยาเคมี ร้อยละ 26.75 และ 30.50 ตามลำดับ และเรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีความคลาดเคลื่อนและผิดมาก ร้อยละ 39.50 และ 29.00 ตามลำดับ โดยเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าปฏิกิริยาจะเกิดสำเร็จก็ต่อเมื่อสารตั้งต้นมีพลังงานมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์ (Cakmakci, 2010) ทั้งนี้อาจเกิดจากในเนื้อหาดังกล่าวมีความเป็นนามธรรมที่มองไม่เห็นและสัมผัสไม่ได้ จึงทำให้นักเรียนจำนวนมากมีมโนคติที่คลาดเคลื่อน (ศักดิ์ศรี, 2555)

## เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551) **หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551**. กรุงเทพฯ : กระทรวงศึกษาธิการ.
- กวิน เชื้อมงคล. (2556). กิจกรรมสะเต็มศึกษา: ลูกโป่งน้ำบันจี้จัมป์. *สสวท.*, 42 (185) 26-29.
- รัช ยะสุคำ (2553). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะการคิดวิจารณ์ฐาน เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา : มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- นิพนธ์ จันเลน. (2557). Inquiry กำลังจะหายไป. *สสวท.*, 42(186), 6-9.
- ประมวล ศรีผันแก้ว. (2541). การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้. *สสวท.*, 26(103), 8-10.



- พลศักดิ์ แสงพรมศร. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา กับแบบปกติ. วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- พรทิพย์ ศิริภัทรชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *นักบริหาร*, 33(2), 49-56.
- มนตรี จุฬาวังนทล. (2556). สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม. *สสวท.*, 42(185), 14-18.
- มีรันตี โทผางษ์ และคณะ. (2557). ความก้าวหน้าทางการเรียนและทักษะการทดลองในการเรียนเรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม เพื่อการเรียนรู้*, 5(1), 57-65.
- รัชพล ธนาณรงค์. (2556). เรียนรู้สภาวะโลกร้อนด้วย STEM Education แบบบูรณาการ. *สสวท.*, 41(182), 15-20.
- ลำพูน สิงห์ขา. (2555). การพัฒนาการคิดอย่างมีวิจารณญาณและมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย สังเกต อธิบาย. *วารสารศึกษาศาสตร์ขอนแก่น*, 35(2), 93-102.
- ศักดิ์ศรี สุภาพร. (2554). กระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย : การทบทวนงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาจากมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 22(3), 331-343.
- ศักดิ์ศรี สุภาพร. (2555). บทบาทของเมนทอลโมเดลในการเรียนรู้วิชาเคมีระดับโมเลกุล. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 35(1), 1-7.
- สุพรรณิ ขาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *สสวท.*, 42(186), 3-5.
- อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2556). เทคโนโลยีและวิศวกรรมคืออะไรในสะเต็มศึกษา. *สสวท.*, 42(185), 35-37.
- Cakmakci, G. (2010). Identifying Alternative Conceptions of Chemical Kinetics among Secondary School and Undergraduate Students in Turkey. *Journal of Chemical Education*, 84(6), 449-455.
- Dowey, A.L. (2013). *Attitudes, Interest, and Perceived Self-efficacy toward Science of Middle School Minority Female Students: Considerations for their Low Achievement and Participation in STEM Disciplines*. Degree Doctor of Education. University of California.
- Han, S., Capraro, R. and Capraro, M.M. (2014). How Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Project-based Learning (PBL) affects High, Middle and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(2), unpagued.
- Supasorn, S. and Promarak, V. (2015). Implementation of 5E inquiry Incorporated with analogy learning approach to enhance conceptual understanding of chemical reaction rate for grade 11 students. *Chemistry Education Research and Practice*, 16, 121-132.
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S. and Chen, W. (2011). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PBL) Environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 87-102.



ภาคผนวก ฉ  
แบบแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย





# แบบแสดงความยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

(Informed Consent Form)

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

โครงการวิจัยเรื่อง การศึกษามโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

คณะผู้วิจัย (1) นายประกิจ วรเลิศ และ (2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กานต์ตะวัน วุฒิสเลา

แบบฟอร์มนี้เป็นเอกสารยินยอมการเข้าร่วมให้ข้อมูลประกอบการวิจัย เรื่อง “การศึกษามโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา” ของผู้วิจัยสังกัดคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี งานวิจัยดังกล่าวมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เพื่อศึกษาการออกแบบตู้เย็นขนาดเล็กและอุปกรณ์วัดปริมาตรแก๊สของนักเรียน (2) เพื่อศึกษาคะแนนมโนคติวิทยาศาสตร์และความก้าวหน้าทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน (3) เพื่อศึกษามโนคติที่คลาดเคลื่อนและผิดของนักเรียนหลังเรียน

**ลักษณะของงานวิจัย:** งานวิจัยดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งได้จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาในการออกแบบชิ้นงานศึกษาความเข้าใจในมโนคติวิทยาศาสตร์ และความก้าวหน้าทางการเรียนของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบคะแนนจากแบบทดสอบวัดมโนคติวิทยาศาสตร์แบบสองลำดับขั้น

**ความลับส่วนบุคคล:** ข้อมูลทั้งหมดเกี่ยวกับงานวิจัยดังกล่าวจะถูกเก็บเป็นความลับและยึดหลักทางจรรยาบรรณและจริยธรรมทางการวิจัย ผู้วิจัยสามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวได้เพียงบุคคลเดียวและจะมีการจัดเก็บข้อมูลในแฟ้มการวิจัย โดยจัดเก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ ทั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการทำลายข้อมูลทั้งหมดหลังจากเสร็จสิ้นการวิจัย การกระทำดังกล่าวเป็นการจัดการเก็บข้อมูลอย่างเป็นความลับ ทั้งนี้เพื่อให้เกิดความถูกต้องและปกป้องความลับของผู้เข้าร่วมวิจัย

**ความสมัครใจในการร่วมให้ข้อมูล:** การให้ข้อมูลของท่านในการวิจัยดังกล่าวเป็นไปโดยความสมัครใจ ท่านมีสิทธิ์ถอนตัวหรือปฏิเสธการเป็นผู้เข้าร่วมการวิจัย (Participants) ทั้งในระหว่างการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ และการทดสอบ โดยข้อมูลเหล่านั้นจะถูกทำลายในกรณีที่ท่านถอนตัวจากการเป็นผู้เข้าร่วมการวิจัย

**ข้อสงสัย:** หากท่านมีข้อสงสัยหรือคำถามเกี่ยวกับการเข้าร่วมในโครงการวิจัยดังกล่าว กรุณาติดต่อ นายประกิจ วรเลิศ โรงเรียนกระสังพิทยาคม โทร. 085-0234589 หรือส่งอีเมลมาที่ boy.prakid@gmail.com

**โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องที่กำหนดข้อความต่อไปนี้ เพื่อแสดงว่าท่านเข้าใจเงื่อนไขในการเข้าร่วมวิจัย**

☐ ข้าพเจ้ายินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย ☐ ข้าพเจ้าไม่สะดวกเข้าร่วมโครงการวิจัย ☐ ข้าพเจ้าต้องการข้อมูลเพิ่มเติม

ลงชื่อ ..... ผู้ให้คำยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

( ..... ) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ..... / ..... โรงเรียนกระสังพิทยาคม จ.บุรีรัมย์

วันที่ ..... พฤษภาคม พ.ศ. 2560

ลงชื่อ ..... ผู้วิจัย ลงชื่อ ..... พยาน

(นายประกิจ วรเลิศ)

(นางณอมสิน ถาวร)

วันที่ ..... พฤษภาคม พ.ศ. 2560

วันที่ ..... พฤษภาคม พ.ศ. 2560

ข้าพเจ้าได้อธิบายถึงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการ และประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากการวิจัยอย่างละเอียด ให้ผู้เข้าร่วมในโครงการวิจัยตามนามข้างต้นได้ทราบและมีความเข้าใจดีแล้ว พร้อมลงนามลงในเอกสารแสดงความยินยอมด้วยความเต็มใจ

ลงชื่อ ..... ผู้ให้คำยินยอมเข้าร่วมโครงการวิจัย

( ..... ) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ..... / ..... โรงเรียนกระสังพิทยาคม จ.บุรีรัมย์

วันที่ ..... พฤษภาคม พ.ศ. 2560

ลงชื่อ ..... ผู้วิจัย ลงชื่อ ..... พยาน

(นายประกิจ วรเลิศ)

(นางณอมสิน ถาวร)

วันที่ ..... พฤษภาคม พ.ศ. 2560

วันที่ ..... พฤษภาคม พ.ศ. 2560



ภาคผนวก ข

ภาพกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี



ภาพที่ ข.1 กิจกรรมดูดหรือคาย และสมบัติความเป็นฉนวนของวัสดุในชั้นก่อนทำกิจกรรมสะเต็ม  
ตู้เย็นขนาดเล็ก



ภาพที่ ข.2 นักเรียนสืบค้นข้อมูลก่อนทำกิจกรรมสะเต็ม



ภาพที่ ข.3 นักเรียนนำเสนอการออกแบบชิ้นงานสะเต็ม

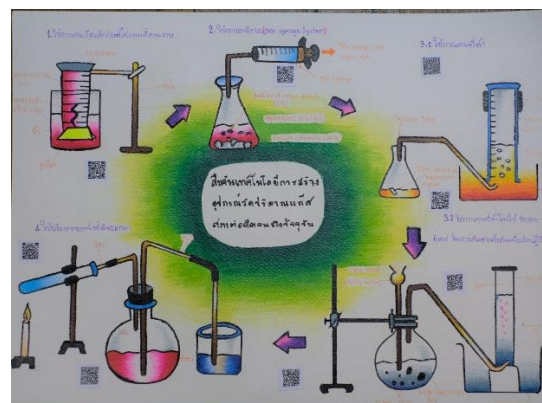


ภาพที่ ข.4 นักเรียนลงมือทำกิจกรรมสะเต็มด้วยชิ้นงานขนาดเล็กและทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน





ภาพที่ ข.5 นักเรียนลงมือทำกิจกรรมสะเต็มอุปกรณ์เก็บแก๊สและทดสอบประสิทธิภาพของชิ้นงาน



ภาพที่ ข.6 ตัวอย่างผลงานนักเรียนที่สืบค้นข้อมูลในการทำกิจกรรมสะเต็ม

## ประวัติผู้วิจัย

|                 |                                                                                                                                                                        |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ชื่อ            | นายประกิจ วรเลิศ                                                                                                                                                       |
| ประวัติการศึกษา | พ.ศ. 2549 – 2553, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี<br>วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี<br>พ.ศ. 2554 – 2555, มหาวิทยาลัยบูรพา<br>ประกาศนียบัตรบัณฑิต สาขาวิชาวิชาชีพครู (ทุน สกวค.) |
| ประวัติการทำงาน | พ.ศ. 2555 – ปัจจุบัน, โรงเรียนกระสังพิทยาคม<br>อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์<br>สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 32 กระทรวงศึกษาธิการ                           |
| ตำแหน่ง         | ครู อันดับ คศ. 1<br>โรงเรียนกระสังพิทยาคม<br>อำเภอกระสัง จังหวัดบุรีรัมย์ กระทรวงศึกษาธิการ<br>อีเมล boy.prakid@gmail.com                                              |