ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ สังเกตุ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

พรทิพย์ สังเกตุ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

LEARNING ACHIEVEMENT INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS AND ATTITUDE TOWARDS CHEMISTRY FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS USING STEM EDUCATION APPROACH

PHONTHIP SANGKET

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER OF EDUCATION
IN SCIENCE TEACHING
FACULTY OF EDUCATION
BURAPHA UNIVERSITY
2021

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พรทิพย์ สังเกตุ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

.....

(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธาน

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี)

..... กรรมการ

(ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา ทองสอน)

..... กรรมการ

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

..... คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. สฎายุ ธีระวณิชตระกูล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

61910085: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา, ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน, ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ, เจตคติต่อวิชาเคมี

พรทิพย์ สังเกตุ : ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. (LEARNING ACHIEVEMENT INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS AND ATTITUDE TOWARDS CHEMISTRY FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS USING STEM EDUCATION APPROACH) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ภัทรภร ชัยประเสริฐ, วท.ด., ปริญญา ทองสอน, ศษ.ด. ปี พ.ศ. 2564.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 3) เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และ 4) เพื่อศึกษาเจตคติต่อวิชาเคมีหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 รวมทั้งสิ้น 40 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าทีสองกลุ่มไม่เป็นอิสระกัน และการทดสอบค่าทีกลุ่มเดียว

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีเจตคติต่อวิชาเคมีหลังเรียนอยู่ในเกณฑ์ระดับดี

61910085: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: STEM EDUCATION APPROACH, LEARNING ACHIEVEMENT, INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS, ATTITUDE TOWARDS CHEMISTRY

PHONTHIP SANGKET : LEARNING ACHIEVEMENT INTEGRATED SCIENCE PROCESS SKILLS AND ATTITUDE TOWARDS CHEMISTRY FOR ELEVENTH GRADE STUDENTS USING STEM EDUCATION APPROACH. ADVISORY COMMITTEE: PATTARAPORN CHAIPRASERT, Ph.D., PARINYA THONGSORN, Ph.D. 2021.

The purposes of this research were 1) To study achievement before and after the learning. 2) To compare learning achievement with the 70 percent criteria. 3) To study integrated science process skill before and after learning and 4) To study attitude towards chemistry of students after using STEM education approach. The participants consisted of 40 eleventh grade students from Darasamutr school in the second semester of the 2020 academic year using cluster random sampling. The research instruments were STEM education approach lesson plans on the topic of reaction rate, science learning achievement test, integrated science process skills test and attitude towards chemistry test. The data were analyzed by means, standard deviation, dependent sample t-test and one-sample t-test.

The results findings were summarized as follows:

1. The posttest mean scores of learning achievement of eleventh grade students after learning with the STEM education were statistically significant higher than the pretest mean scores at the .05 level.

2. The posttest mean scores of learning achievement of eleventh grade students after learning with the STEM education were statistically significant higher than the set 70 percent criteria at the .05 level.

3. The posttest mean scores of integrated science process skills of eleventh grade students after learning with the STEM education were statistically significant higher than the pretest mean scores at the .05 level.

4. The attitude towards chemistry of students after learning with the STEM education approach was at high level.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ดีเนื่องจากได้รับความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปริญญา ทองสอน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการวิจัย ดูแลติดตามและให้กำลังใจในการทำงานของผู้วิจัยเสมอมา

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ฉลอง ทับศรี ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และดร.สมศิริ สิงห์ลพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นาวาตรี ดร.พงศ์เทพ จิระโร ดร.สมศิริ สิงห์ลพ อาจารย์จุรี ทวีธนวาณิชย์ อาจารย์พรพัฒน์ ภูษิตธนานันท์ และอาจารย์นาตยา โสภาโชติ ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือของงานวิจัย และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ที่กรุณาให้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในโรงเรียน และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1, 5/2 ปีการศึกษา 2563 ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลงานวิจัยและฝึกประสบการณ์สอนให้แก่ผู้วิจัยได้อย่างดียิ่ง

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ คุณแม่พรรณี สังเกตุ และคุณพ่อจำนงค์ สังเกตุ ที่กรุณาส่งเสริมการศึกษาและให้กำลังใจตลอดมา ขอบพระคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนและขอบคุณเพื่อนทุกคนที่เป็นกำลังใจและให้ความช่วยเหลือด้วยดีเสมอมา

พรทิพย์ สังเกตุ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ฉ

กิตติกรรมประกาศ ..... ช

สารบัญ ..... ฌ

สารบัญตาราง ..... ฎ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ของการวิจัย 8

สมมติฐานการวิจัย 8

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย 8

ขอบเขตการวิจัย 9

กรอบแนวคิดการวิจัย 10

นิยามศัพท์เฉพาะ 10

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 14

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร 14

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) 20

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 43

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 50

เจตคติต่อวิชาเคมี 66

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....74
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย....79
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง....79
รูปแบบการวิจัย....79
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย....80
วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล....98
การวิเคราะห์ข้อมูล....98
สถิติที่ใช้ในการวิจัย....99
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....103
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล....103
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล....103
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....104
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ....109
สรุปผลการวิจัย....109
อภิปรายผลการวิจัย....110
ข้อเสนอแนะ....119
บรรณานุกรม....121
ภาคผนวก....130
ภาคผนวก ก....131
ภาคผนวก ข....140
ภาคผนวก ค....160
ประวัติย่อของผู้วิจัย....227

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 โครงสร้างรายวิชาเคมี เพิ่มเติม 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 16

ตารางที่ 2-2 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....19

ตารางที่ 2-3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....34

ตารางที่ 2-4 สรุปการประมวลแนวคิดของบลูมเดิม (Bloom's Taxonomy, 1956) และบลูมที่นำมาปรับปรุงใหม่ (Bloom's Taxonomy, 2001).....46

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design 80

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์แผนการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์ 81

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์แผนการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สถานการณ์ และความรู้และทักษะที่ใช้ในแนวคิดสะเต็มศึกษา 83

ตารางที่ 3-4 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด.....89

ตารางที่ 3-5 วิเคราะห์องค์ประกอบของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและจำนวนข้อสอบแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ.....94

ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์เนื้อหาของเจตคติในแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี 96

ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน.....104

ตารางที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 104

ตารางที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนนจากคะแนน เต็ม 30 คะแนน) 105

ตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน.....106

ตารางที่ 4- 5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน 107

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....108

ตารางที่ ข-1 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 141

ตารางที่ ข-2 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 143

ตารางที่ ข-3 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 60 ข้อ 147

ตารางที่ ข-4 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับทักษะของแบบวัดกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 149

ตารางที่ ข-5 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 40 ข้อ 152

ตารางที่ ข-6 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับด้านองค์ประกอบเจตคติของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี.....154

ตารางที่ ข-7 แสดงค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี 156

ตารางที่ ข-8 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป 157

ตารางที่ ข-9 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 (21 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป.....158

ตารางที่ ข-10 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป.....159

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย.....10

ภาพที่ 5-1 รูปสิ่งประดิษฐ์เรือพลังงาน 113

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทสำคัญยิ่งต่อการพัฒนาด้านความคิด และศักยภาพ พบว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพสามารถช่วยพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและสามารถตรวจสอบได้ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้เพื่อให้เกิดความเข้าใจในแนวคิดหลักพื้นฐานวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นอย่างยิ่งในการนำกิจกรรมการทดลอง เทคโนโลยี สื่อต่าง ๆ มาประกอบการเรียนรู้ของผู้เรียนเพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจได้มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเรื่องที่เข้าใจยากหรือเป็นเรื่องที่เป็นนามธรรม อีกทั้งเรื่องที่ต้องการให้ผู้เรียนเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ การได้มาซึ่งองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทำให้ผู้เรียนจะเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้ดีและเข้าใจได้ลึกซึ้ง (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2556) เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวัน และการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้ และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน ซึ่งล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์ และศาสตร์อื่น ๆ ทั้งยังช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ตามที่หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานได้กำหนดกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา และการจัดการเรียนการสอนของผู้เรียนมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการเรียนวิทยาศาสตร์ในแต่ละระดับชั้น

เมื่อพิจารณาคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยในปัจจุบัน พบว่าประเทศมีความเข้มแข็งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐานสำคัญล้วนเป็นประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจเนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจด้านอุตสาหกรรมให้สังคมเจริญก้าวหน้า และสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศสะท้อนให้เห็นจากรายงานการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดย International Institute for Management Development (IMD, 2015-2017) ที่ระบุไว้ว่า ในปี พ.ศ. 2558-2560 ประเทศไทยมีอันดับความสามารถในการแข่งขัน ปัจจัยที่ 4 โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ด้านการศึกษา (Education) ของประเทศอยู่อันดับที่ 48, 52 และ 54 จาก 61 ประเทศ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องยกระดับคุณภาพของประเทศไทยจากผู้ซื้อมาเป็นผู้สร้าง

เทคโนโลยี โดยการพัฒนาเยาวชนของชาติให้มีความรู้ความสามารถเพียงพอต่อการสร้างสรรค์ผลงานในการแก้ปัญหานำไปสู่การยกระดับคุณภาพของประเทศไทยให้มีความเจริญก้าวหน้าทัดเทียมประเทศญี่ปุ่น เกาหลีหรือสิงคโปร์ที่ได้รับการจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศและขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม

จากรายงานดังกล่าวสอดคล้องอย่างยิ่งกับนโยบายการพัฒนาประเทศภายใต้หลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงสู่ไทยแลนด์ 4.0 “มั่นคง มั่งคั่ง ยั่งยืน” (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ [สศช.], 2559) ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้ร่างแนวทางเพื่อการปรับปรุงพัฒนาแผนพัฒนาการศึกษาในพื้นที่โครงการระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (Eastern Economic Corridor : EEC) ให้สอดคล้องและรองรับกับความต้องการของการพัฒนาระบบเศรษฐกิจตามบริบทของแต่ละพื้นที่ด้วยการบูรณาการแผนยุทธศาสตร์ชาติ 20 ปี แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ. 2560 - 2564) และแผนการศึกษาแห่งชาติ (พ.ศ. 2560 - 2579) โดยมุ่งเน้นพัฒนาศักยภาพผู้เรียนให้มีความรู้ความสามารถรอบด้านมีคุณภาพและมาตรฐานสากลพัฒนาให้เป็นกำลังคนที่มีวินัย ใฝ่รู้ มีความรู้ มีทักษะ มีความคิดสร้างสรรค์ มีทัศนคติที่ดีรับผิดชอบต่อสังคม มีคุณธรรม และจริยธรรม สอดคล้องกับความต้องการของตลาดแรงงาน พร้อมทั้งการสร้างทักษะวิชาชีพ มีกรอบแนวคิดและเป้าหมายสำคัญ คือ การจัดการศึกษาทุกระดับทั้งในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัยที่เน้นการจัดการศึกษาที่ให้ความรู้พื้นฐานด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี ทักษะอาชีพ ทักษะภาษา และอื่น ๆ ให้มีความเชื่อมโยงสอดคล้องกับความต้องการ เช่น การใช้เทคโนโลยี และพัฒนานวัตกรรมในการจัดการเรียนรู้ควบคู่กับสถานการณ์จริงหรือสถานการณ์จำลอง (Active Learning) (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560) ดังนั้นจึงกำหนดให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงด้านเนื้อหาความรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนนำมาปรับใช้ในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนและทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงให้เหมาะสมกับระดับชั้น (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) จึงจำเป็นต้องคำนึงถึงลักษณะเฉพาะหรือธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเนื้อหาความรู้อัน ได้แก่ หลักการกฎหรือทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ โดยกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการ

แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและเชื่อถือได้ จึงต้องอาศัยองค์ประกอบสำคัญ 3 องค์ประกอบ คือ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific attitudes) หรือจิตวิทยาศาสตร์ (Scientific mind) และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process skills) (วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว, 2542) โดยเน้นกระบวนการที่นักเรียนเป็นผู้คิดลงมือปฏิบัติ ศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบ การสังเกต การสำรวจตรวจสอบ การทดลองในห้องปฏิบัติการ การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่ผู้เรียนได้รับรู้มาแล้วก่อนเข้าสู่ห้องเรียน จึงจะมีความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ได้พัฒนากระบวนการคิดขั้นสูงจะทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาเจตคติทางวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรมในการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์ มีเจตคติ และค่านิยมที่เหมาะสมต่อวิทยาศาสตร์ รวมทั้งสามารถสื่อสาร ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ จะเห็นได้ว่าในการศึกษาวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การค้นหาความรู้ จากการสำรวจตรวจสอบหรือจากการทดลอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) จึงจำเป็นต้องมีปรับเปลี่ยนวิธีการสอน และการออกแบบการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีให้เปลี่ยนแปลงไปจากวิธีสอนเดิม

การจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีจัดเป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้าง และองค์ประกอบของสสารตลอดจนการเปลี่ยนแปลงของสสาร (กฤษณา ชุติมา, 2544) วิชาเคมีมักจะถูกเรียกว่าเป็นศูนย์กลางของวิทยาศาสตร์เนื่องจากความรู้พื้นฐานทางเคมีมีความสำคัญต่อการศึกษาในรายวิชาชีววิทยา ฟิสิกส์ ธรณีวิทยา พันธุศาสตร์ วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและยังถูกนำไปประยุกต์ใช้ในศาสตร์อื่น ๆ อีกมากมาย มีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับผู้เรียนทุกคน ซึ่งความรู้ในวิชาเคมีจึงมีสาระที่เป็นประโยชน์สามารถนำความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันหรือใช้กับการประกอบอาชีพในอนาคตได้ ซึ่งเนื้อหาของวิชาเคมีมีความซับซ้อนและเข้าใจได้ยาก จึงจะต้องจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาในแต่ละระดับชั้นเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ โดยมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ รวมทั้งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และทักษะในศตวรรษที่ 21 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2545) และสามารถนำความรู้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันจะเห็นได้ว่าในการจัดการเรียนรู้วิชาเคมีนั้นจะมุ่งหวังให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการเรียนรู้ตามจุดประสงค์ทั้งสามด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย ด้านทักษะพิสัย และด้านจิตพิสัย (พฤกษ์ โปร่งสำโรง, 2549)

จากที่ผู้วิจัยได้สอนวิชาเคมีเพิ่มเติม โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่า เป็นหัวข้อหนึ่งในวิชาเคมีที่มีเนื้อหาค่อนข้างยาก เนื้อหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นการศึกษาเปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเมื่อเวลาผ่านไป ตลอดจนเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการเรียนเนื้อหาระดับสูง ส่วนใหญ่ในการจัดการเรียนการสอนเน้นครูเป็นศูนย์กลางและไม่ค่อยเน้นจัดการเรียนปฏิบัติการทดลอง ทั้งนี้ก็เพราะมีเวลาจำกัด และจำนวนนักเรียนที่มีมากทำให้มีความยุ่งยาก จึงทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ไปอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นและไม่สามารถสรุปองค์ความรู้เป็นของตนเองได้ มุ่งเน้นความเข้าใจของนักเรียนเพียงผิวเผินมากกว่าให้นักเรียนมีความเข้าใจในหลักการพื้นฐาน ประกอบกับการสัมภาษณ์ครูสอนวิชาเคมี เพิ่มเติม ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา พบว่า เนื้อหาวิชาเคมีบางเนื้อหามีความซับซ้อนเป็นนามธรรมยากต่อการเข้าใจ และไม่สามารถนำความรู้ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ โดยเฉพาะ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เนื่องจากมีเนื้อหาที่เป็นนามธรรมและเป็นเนื้อหาที่ต้องใช้จินตนาการสูง ดังนั้นการเรียนเคมีแบบเฉพาะด้านจึงถือว่าเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากสำหรับผู้เรียนในการสร้างความรู้ ความเข้าใจให้กับผู้เรียน (สัมภาษณ์, 10 เมษายน 2562) และจากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนในการเรียนวิชาเคมี เพิ่มเติม ผู้วิจัยพบว่า ผู้เรียนให้ความสำคัญกับวิชาเคมีน้อยลงจากเดิม ซึ่งอาจเป็นเพราะนักเรียนไม่สามารถเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนได้ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย ไม่มีความสุขในการเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนยังไม่เป็นที่น่าพอใจ

สอดคล้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยส่วนมากยังอยู่ในระดับต่ำจะเห็นได้จากผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในวิชาวิทยาศาสตร์ปีการศึกษา 2558- 2561 มีคะแนนเฉลี่ยในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ 33.40, 31.62, 29.37 และ 30.51 ตามลำดับ ซึ่งพบว่าคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนไทยนั้นอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 และมีแนวโน้มลดลง (สถาบันการทดสอบแห่งชาติ องค์กรมหาชน, 2560) จึงแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนในโรงเรียนของไทยในปัจจุบัน ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร โดยเฉพาะโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีผลการทดสอบระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 จะเห็นได้จากคะแนนในปีการศึกษา 2558-2561 มีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 32.12, 29.61, 29.53 และ 29.88 ตามลำดับ (ฝ่ายวิชาการ โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา, 2562)

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและสภาพการจัดการเรียนการสอนดังกล่าวข้างต้น พบว่า ในการสอนวิชาเคมีสิ่งที่ผู้สอนมักตระหนักถึง คือ การทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้มากที่สุดเท่าที่หลักสูตรจะกำหนดให้จึงพยายามสอนตามแนวการสอนที่อยู่ในคู่มือครู ซึ่งส่วนใหญ่เน้น

การสอนมากกว่าให้นักเรียนได้แสดงออกอย่างอิสระในการคิดอย่างมีเหตุผลและค้นคว้าด้วยตนเอง จึงทำให้การเรียนการสอนไม่บรรลุเป้าหมายเท่าที่ควร (ทิพยวรรณ ไกรนรา, 2550) โดยจุดมุ่งหมายที่สำคัญในการสอนต้องให้ผู้เรียนสามารถใช้กระบวนการคิดด้วยตนเองได้และช่วยให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่สำคัญโดยเน้นให้ผู้เรียนสามารถตั้งสมมติฐานได้ และสามารถจัดการข้อมูลต่าง ๆ ด้วยทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนขยายแนวความคิดจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเพื่ออธิบายโดยภาพรวมของปรากฏการณ์ใด ๆ ได้อย่างมีเหตุผล ดังนั้น ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจึงเป็นทักษะที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้ตลอดชีวิตสามารถช่วยพัฒนาทักษะในการสื่อสารความคิดเชิงวิจารณ์และทักษะในการแก้ปัญหา (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นความชำนาญหรือความสามารถในการใช้ความคิดเพื่อค้นคว้าความรู้ รวมทั้งการแก้ปัญหา ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางปัญญา (Intellectual skill) ไม่ใช่ทักษะการปฏิบัติด้วยมือเพียงอย่างเดียว (Psychomotor skill/ Hand on skill) เพราะเป็นการทำงานของสมอง การคิดมีทั้งการคิดพื้นฐาน เช่น ทักษะการสื่อความหมายได้แก่ การอ่าน การรับรู้ การจำ การจำถาวร การพูด การเขียน นอกจากนี้ยังมีทักษะการสังเกต การระบุ การจำแนก การเรียงลำดับ การเปรียบเทียบ การลงข้อสรุป และการใช้ตัวเลข (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2545) จนเกิดความชำนาญและคล่องแคล่ว ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้เกิดความรอบคอบ มีเหตุผล มีจิตวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่สามารถนำไปใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ได้ (วิทย์ วิศทเวทย์, 2547)

ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จึงเป็นเป้าหมายสำคัญในด้านวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นไปตามกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อเสริมสร้างทักษะและกระบวนการในการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ เพื่อแก้ปัญหา และให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนในชั้นเรียนกับนวัตกรรมต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้ (กวิน เชื่อมกลาง, 2556) ตามแนวการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จากการศึกษางานวิจัยของพลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีสูงกว่าการเรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01 ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการบูรณาการสะเต็มศึกษาผ่านการเรียนรู้ในรายวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจะสามารถพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ขั้นบูรณาการ รวมทั้งสามารถนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมทำให้ผู้เรียนสนุกสนานและไม่เบื่อหน่ายการเรียน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการเนื้อหา ทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งรวมเรียกว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) ที่เน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ในการต่อยอดในชีวิตและการทำงาน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา และการหาข้อมูลมาวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ พร้อมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ (วารินท์พร ฟันเฟื่องฟู, 2560) สิ่งสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) คือ การนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ระบุขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน คือ 1) การระบุปัญหา (Identify a challenge) 2) การค้นหาแนวที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) 3) การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) 4) การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) 5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) นอกจากนี้การจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่เน้นให้ความสำคัญกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเท่าเทียมกัน ดังนั้นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว จึงต้องมีการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีที่สอนเน้นให้ผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการสำรวจค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเอง ควบคู่ไปกับการฝึกความสามารถมุ่งแก้ไขปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2556) แล้วนำมาประยุกต์และประดิษฐ์ในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ เรื่องใหม่ ด้วยเหตุนี้มนุษย์จึงต้องมีทักษะที่สำคัญ ได้แก่ ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ทักษะทางคณิตศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 เพื่อการตอบสนองความต้องการภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด (ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์, 2559) ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในปัจจุบัน ครูต้องคำนึงถึงความสามารถของแต่ละบุคคลในการจัดกิจกรรมของการเรียนการสอนโดยให้นักเรียนเป็นศูนย์กลาง เพื่อพัฒนากระบวนสร้างนวัตกรรมด้วยวิธีการที่หลากหลาย อันจะนำมาสู่การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ให้สูงขึ้น

สอดคล้องกับบทความของ มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) ได้กล่าวไว้ว่าสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ต้องการนำ STEM Education มาช่วยพัฒนาเยาวชนไทยรุ่นใหม่ให้มีความสามารถ รู้คิด ใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีในชีวิตประจำวัน เพื่อเชื่อมโยงกับโลกความจริง ซึ่งประเทศไทยมีเหตุผลจำเป็นต่าง ๆ ที่ต้องการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง

STEM Education เข้ามาช่วย เนื่องจากกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคตได้ โดยไทยจะต้องเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และทักษะในการสร้างนวัตกรรมของเยาวชนไทย

สอดคล้องกับงานวิจัยของ เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีระดับสูง นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .01 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด ซึ่งจะสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Constructionism) เป็นแนวความคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ที่ดีเกิดจากการสร้างพลังความรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน และความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นในตนเองนี้จะมีความหมายต่อผู้เรียนจะอยู่คงทน ผู้เรียนจะไม่ลืมง่ายและจะสามารถถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดของตนได้ดี อีกทั้งยังจะเป็นฐานให้ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ต่อไปได้อย่างไม่มีที่สิ้นสุด (ขวัญใจ เชิดชู, 2557)

ผู้วิจัยหวังว่าสะเต็มศึกษาจะเป็นแนวทางหนึ่งที่พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคมีได้และเจตคติต่อวิชาเคมียังคงมีความสำคัญสำหรับการพัฒนาผู้เรียนเช่นกัน เนื่องจากเจตคติเป็นความรู้สึกของบุคคลต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ซึ่งความรู้สึกดังกล่าว ได้แก่ ความพอใจ ความศรัทธา ซาบซึ้ง เห็นคุณค่า ประโยชน์โทษของการตั้งใจเรียน และการเข้าร่วมกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ การใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์อย่างมีคุณภาพโดยใคร่ครวญถึงผลดีและผลเสีย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) จึงจะส่งผลให้มีผลสัมฤทธิ์ที่ดีขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนได้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมายสามารถนำความรู้ไปต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์ในอนาคตได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ, 2548) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Dewey (2014) ที่ลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ให้แคบลง มีเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้อง มีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ และสนใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น เห็นคุณค่าของการเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้า และประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นได้

จากสภาพปัญหาและการศึกษาแนวคิดและงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา เพื่อนำผลการวิจัยที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70
3. เพื่อศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน
4. เพื่อศึกษาเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70
3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

1. ได้พัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)
2. นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน

3. เป็นแนวทางให้ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ไปปรับใช้ในการจัดการเรียนรู้ของตนเอง

4. สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางในการพัฒนาผู้เรียนให้คิดอย่างหลากหลายสามารถแก้ปัญหาในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันและยังสามารถนำมาออกแบบสร้างสรรค์ชิ้นงานได้

ขอบเขตการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 80 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 40 คน โดยใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม คือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมี

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหา ดังนี้

3.1 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.2 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.3 พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

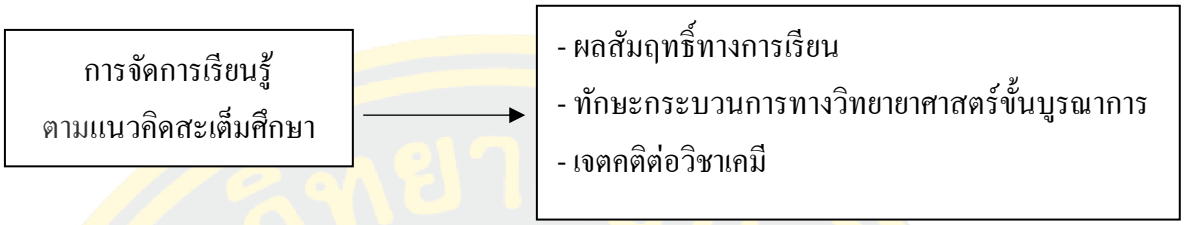
3.4 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 18 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมงและเวลาทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเอง

กรอบแนวคิดการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำเสนอกรอบความคิดในการวิจัย ดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง แนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริง รวมทั้งนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมโดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีลักษณะการสอนที่ตั้งอยู่บนฐานการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาเพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงาน และเพื่อใช้แก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิศวกรรม โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1.1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

1.2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสม เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

1.3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายในการดำเนินการให้ชัดเจนในการออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

1.4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

1.5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่บุคคลได้จากการจัดการเรียนรู้และพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใด ที่ได้รับการฝึกฝนจนเกิดประสบการณ์ความชำนาญ โดยอาศัยเครื่องมือในการวัดและประเมินผล วิชาเคมี เพิ่มเติม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถวัดได้จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (Multiple choice) จำนวน 30 ข้อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมที่ปรับปรุงใหม่ (Bloom's Taxonomy, 2001) มี 6 ระดับ ดังนี้ (ชวลิต ชูกำแพง, 2551)

2.1 ความรู้ความจำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถในการจดจำในสิ่งที่เรียนมาแล้วเกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2.2 ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง มีความเข้าใจในการแปลความหมายและสามารถอธิบายได้

2.3 การประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถในการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปเชื่อมโยงประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

2.4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแนวคิดหลักที่ซับซ้อนออกเป็นส่วน ๆ ให้เข้าใจง่าย

2.5 การประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบวิจารณ์ตัดสินใจ

2.6 การคิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (design) วางแผน

3. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (Integrated science process skills) หมายถึง พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมีระบบ ทักษะกระบวนการในการแสวงหาความรู้ต่าง ๆ ได้ข้อเท็จจริงทางเนื้อหาวิชานั้น และใช้ทักษะกระบวนการคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเป็นพื้นฐานในการพัฒนา ประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังต่อไปนี้

3.1 ทักษะตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบายหรือคิดคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง เพื่ออธิบายหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

ต่าง ๆ และตรวจสอบความถูกต้องในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป โดยสมมติฐานสร้างขึ้นอาจอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์ภายใต้หลักการ กฎหรือทฤษฎีที่สามารถอธิบายคำตอบได้

3.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมาย ขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาหรือการทดลองเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกัน

3.3 ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง ความสามารถในการบ่งชี้และอธิบาย ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในการทดลองได้

3.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบ การทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง

3.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting data and concolusion) หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ และการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หมายถึง เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาเคมี เพิ่มเติม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

5. เจตคติต่อวิชาเคมี หมายถึง เป็นความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาเคมีในด้านความพอใจหรือไม่พอใจ สามารถวัดได้จากแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี ตามวิธีการวัดของลิเคิร์ท ซึ่งเป็นข้อคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ประกอบด้วยองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาเคมี 5 ด้านดังนี้

5.1 ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมี หมายถึง ความคิดเห็นและทัศนคติทั่วไปที่มีต่อวิชาเคมี

5.2 การเห็นความสำคัญของวิชาเคมี หมายถึง การเล็งเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการเรียนวิชาเคมี

5.3 ความสนใจในวิชาเคมี หมายถึง ความรู้สึกสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนวิชาเคมี

5.4 ความนิยมชมชอบในวิชาเคมี หมายถึง ความรู้สึกชื่นชอบและชื่นชมต่อวิชาเคมี

5.5 การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี หมายถึง การแสดงออกและการแสดงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี

6. เกณฑ์ร้อยละ 70 หมายถึง คะแนนการวัดและประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่ได้กำหนดขึ้น เพื่อใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในโรงเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนจะต้องผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ขึ้นไป ตามเกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามหัวข้อดังต่อไปนี้

1. สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมี เพิ่มเติม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร
2. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
5. เจตคติต่อวิชาเคมี
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนมีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลายเหมาะสมกับระดับชั้นได้กำหนดสาระสำคัญตามหลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนดาราสมุทร ได้โดยอ้างอิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ดังนี้

สาระที่ 1 ชีววิทยา

สาระที่ 2 เคมี

สาระที่ 3 ฟิสิกส์

สาระที่ 4 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

งานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะใช้หลักสูตรเป็นโครงร่างกำหนดแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะศึกษาการพัฒนาความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งถูกบรรจุอยู่ในรายวิชาเคมี เพิ่มเติม 3 ในหลักสูตร

สถานศึกษาโรงเรียนดาราสมุทร โดยอ้างอิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอนำเสนอคำอธิบายรายวิชาและโครงสร้างรายวิชาเคมี เพิ่มเติม 3 ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

คำอธิบายรายวิชาเคมี เพิ่มเติม 3

ศึกษา / ฝึกปฏิบัติ ศึกษาและอธิบายความสัมพันธ์ของปริมาตร ความดัน และอุณหภูมิ คำนวณหาปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิ ของแก๊สตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซกและกฎรวมแก๊ส คำนวณหาปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมล หรือมวลของแก๊สตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ คำนวณความดันย่อย หรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสมโดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน ศึกษาและทดลองการแพร่ อัตราการแพร่ของแก๊ส คำนวณเกี่ยวกับกฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม ศึกษาเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสมบัติของแก๊ส ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับอัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารจากกราฟ ศึกษาและวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ทฤษฎีจลน์และการชนกันของอนุภาค ศึกษาทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน และอุตสาหกรรม ศึกษาการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับ และปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ทดลองเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ศึกษาและทดลองสมดุลเคมีในปฏิกิริยา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี คำนวณหาค่าคงที่สมดุล และหาความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยา ณ ภาวะสมดุล ทดลอง เพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น ความดัน และอุณหภูมิต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุล ศึกษาหลักของเลอชาเตอลิเอ และการนำหลักเลอชาเตอลิเอไปใช้อธิบายสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิต ปรากฏการณ์ในธรรมชาติ และกระบวนการในอุตสาหกรรม

โดยใช้การเรียนรู้ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยง อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถจัดกระทำและวิเคราะห์ ข้อมูล สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ มีความสามารถในการตัดสินใจแก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรม คุณธรรม และค่านิยมที่เหมาะสม

เนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ในการศึกษาวิจัยซึ่งมีผลการเรียนรู้ดังนี้

1. เขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา

2. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา

3. เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. อธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา

6. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

โครงสร้างรายวิชา เคมี เพิ่มเติม 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

จากหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนดาราสมุทร โดยอ้างอิงตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ได้มีการกำหนดโครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 โครงสร้างรายวิชาเคมี เพิ่มเติม 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้	**ผลการเรียนรู้**	**เวลา (ชั่วโมง)**
ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ และจำนวนโมลของแก๊ส	- อธิบายความสัมพันธ์และคำนวณปริมาตร ความดัน หรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎของบอยล์ กฎของชาร์ล กฎของเกย์-ลูสแซก - คำนวณปริมาตร ความดันหรืออุณหภูมิของแก๊สที่ภาวะต่าง ๆ ตามกฎรวมแก๊ส - คำนวณปริมาตร ความดัน อุณหภูมิ จำนวนโมลหรือมวลของแก๊ส จากความสัมพันธ์ตามกฎของอาโวกาโดร และกฎแก๊สอุดมคติ	6

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
กฎแก๊สอุดมคติและความดันย่อย	- คำนวณความดันย่อยหรือจำนวนโมลของแก๊สในแก๊สผสมโดยใช้กฎความดันย่อยของดอลตัน	5
ทฤษฎีจลน์และการแพร่ของแก๊ส	- อธิบายการแพร่ของแก๊สโดยใช้ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส คำนวณและเปรียบเทียบอัตราการแพร่ของแก๊ส โดยใช้กฎการแพร่ผ่านของเกรแฮม	4
การประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับแก๊สและสมบัติของแก๊ส	- สืบค้นข้อมูล นำเสนอตัวอย่าง และอธิบายการประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับสมบัติและกฎต่าง ๆ ของแก๊สในการอธิบายปรากฏการณ์ หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรม	4
ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา - คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	4
แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	- ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี - เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา - ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	7
สภาวะสมดุล	- ทดสอบและอธิบายความหมายของปฏิกิริยาผันกลับได้	6

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

หน่วยการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	และภาวะสมดุล - อธิบายการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของอัตราการเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้าและอัตราการเกิดปฏิกิริยาย้อนกลับ เมื่อเริ่มปฏิกิริยาจนกระทั่งระบบอยู่ในภาวะสมดุล	
ค่าคงที่สมดุล	- คำนวณค่าคงที่สมดุลของปฏิกิริยา - คำนวณความเข้มข้นของสารที่ภาวะสมดุล - คำนวณค่าคงที่สมดุลหรือความเข้มข้นของปฏิกิริยาหลายขั้นตอน	4
ปัจจัยที่มีผลต่อสมดุล	- ระบุปัจจัยที่มีผลต่อภาวะสมดุล และค่าคงที่สมดุลของระบบรวมทั้งคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเมื่อภาวะสมดุลของระบบถูกรบกวนโดยใช้หลักของเลอชาเตอลิเอ	5
สมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิต สิ่งแวดล้อม และอุตสาหกรรม	- ยกตัวอย่างและอธิบายสมดุลเคมีของกระบวนการที่เกิดขึ้นในสิ่งมีชีวิตที่ปรากฏการณ์ในธรรมชาติ และกระบวนการในอุตสาหกรรม	2
รวม		**50**

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี วิชาเคมี เพิ่มเติม 3 ภาคเรียนที่ 2 ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 18 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมงและเวลาทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง โดยมีผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ ดังแสดงในตารางที่ 2-2

ตารางที่ 2-2 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ และจำนวนชั่วโมง
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1. เขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา 2. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาและเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	- ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดต่อหนึ่งหน่วยเวลาและหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ ในปฏิกิริยาของสารนั้น ๆ ในสมการเคมี เพื่อให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากัน ไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์	1.บอกความหมายและคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสาร 2.ทำการทดลอง เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลาและแปลความหมายจากกราฟ 3. บอกความหมายและคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 4. เขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	2
3. เขียนแผนและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตรา	- ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสม และมีการเกิดปฏิกิริยาเคมี พลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับทิศทางการชนและพลังงานที่เกิดจากการชน	1. อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีการชนและทฤษฎีสถานะแทรนซิชัน	2
4. อธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของ	- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่กับ	1.อธิบายผลของความเข้มข้นของสารพื้นที่ผิวของสาร	2

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
สารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้อัตราการเกิดปฏิกิริยา	อุณหภูมิและตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	
5. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา	เคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย	2. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	
6. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	- ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน ปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการหรืออุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	8
รวม			**14**

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ความหมายของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สาขาวิชากับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็น

การสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ รวมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557) สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะต้องมีการบูรณาการช่วยกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบการคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะและประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต

มนตรี จุฬาวัฒนทล (2556) สะเต็มศึกษา คือวิธีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่อนุบาล ประถม ศึกษา มัธยมศึกษาไปจนถึงอาชีวศึกษา และอุดมศึกษา สะเต็มศึกษาจะฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหาให้มีทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ ทำให้ผู้เรียนรู้จักนำองค์ความรู้จากวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์สาขาต่าง ๆ มาบูรณาการกันเพื่อมุ่งแก้ปัญหาสำคัญ ๆ ที่พบในชีวิตจริง

Lantz (2009) สะเต็มการศึกษาเป็นวิธีการแบบสหวิทยาการเพื่อการเรียนรู้ที่แนวความคิดทางวิชาการอย่างที่จะควบคู่ไปกับบทเรียน (Real World) นักเรียนใช้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในบริบทที่ทำให้การเชื่อมต่อระหว่างโรงเรียนชุมชนงาน และองค์กรระดับโลกที่ช่วยให้การพัฒนาของสะเต็มศึกษาอ่านออกเขียนได้ และด้วยความสามารถในการแข่งขันในเศรษฐกิจใหม่

จากความหมายกล่าว ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ และสามารถบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และฝึกให้ผู้เรียนรู้จักวิธีคิด การตั้งคำถาม แก้ปัญหา สร้างทักษะการหาข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆรวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ส่งผลให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของความรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี อันเป็นสิ่งสำคัญที่เป็นความรู้และทักษะพื้นฐานในการดำรงชีวิต เพื่อการประกอบอาชีพและความสามารถในการพัฒนาในเศรษฐกิจใหม่ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

จากความหมายของสะเต็มข้างต้นชี้ให้เห็นถึงองค์ประกอบสำคัญของสะเต็มศึกษา (STEM Education) ซึ่งประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ มีผู้ให้นิยามของความหมายขององค์ประกอบสะเต็มไว้ดังนี้

ราชบัณฑิตยสถาน (2554) ได้ให้ความหมายของวิชาต่าง ๆ ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ที่ได้จากการสังเกตและค้นคว้าจากปรากฏการณ์ธรรมชาติแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบหรือวิชาที่ค้นคว้าได้ด้วยหลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าระเบียบ

2. เทคโนโลยี คือ วิทยาการที่นำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติและอุตสาหกรรม

3. วิศวกรรมศาสตร์ คือ วิชาที่เกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมาประยุกต์ใช้

4. คณิตศาสตร์ คือ วิชาที่ว่าด้วยการคำนวณ (คำนวณ คือ การคิดหาเหตุผลด้วยวิธีเลข)

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556) ได้ให้ความหมายของวิชาต่าง ๆ ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. Science เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ โดยอาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry)

2. Technology เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานที่มีการประยุกต์ศาสตร์สาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหาปรับปรุงแก้ไขหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์

3. Engineering เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรมหรือสร้างสิ่งต่าง ๆ เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และกระบวนการทางเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้สร้างสรรค์ชิ้นงานนั้น ๆ

4. Mathematics เป็นวิชาที่ว่าด้วยการศึกษาเกี่ยวกับการคำนวณหรือวิชาที่เกี่ยวกับการคำนวณเป็นพื้นฐานสำคัญในการศึกษาและต่อยอดทางวิศวกรรมศาสตร์

จากองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าองค์ประกอบของสะเต็มศึกษามีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงวิชา 4 สาขาเข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบ อาจกล่าวได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดในการเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริงโดยต้องใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ร่วมกับการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทาง

วิศวกรรม ผลงานที่ได้ออกมานี้จัดเป็นเทคโนโลยีเช่นกันเพราะเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

จุดเริ่มต้นของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

จุดเริ่มต้นของแนวคิด STEM มาจากสหรัฐอเมริกา ที่ประสบปัญหาเรื่อง ผลการทดสอบ PISA ของสหรัฐอเมริกาที่ต่ำกว่าหลายประเทศ และส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม รัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการศึกษาโดยพัฒนา STEM ขึ้นมาเพื่อหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้น (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556) ดังนั้นรัฐบาลจึงมีนโยบายส่งเสริมการศึกษาโดยพัฒนาสะเต็มศึกษาขึ้นมาเพื่อหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบ PISA (Program for International Student Assessment) และ TIMSS การทดสอบด้านคณิต วิทยาศาสตร์ระดับสากล (Trends in International Mathematics and Science Study) ให้สูงขึ้น และจะเป็นแนวทางหนึ่งในการส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21

เป้าหมายและเหตุผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Educatio)

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาข้างต้น ได้มีผู้วิจัยและหน่วยงานต่าง ๆ ได้ระบุถึงเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้ (มนตรี จุฬาวัฒนทล, 2556)

1. ผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์จะมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เป็นพื้นฐาน

2. ผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์จะสนุกและมองเห็นอาชีพการงานที่สนใจจะทำหลังจากที่สำเร็จการศึกษาแล้ว

3. ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ควรจะดีขึ้น

4. ปัญหาการขาดแคลนครูวิทยาศาสตร์และครูคณิตศาสตร์ในโรงเรียนที่ห่างไกลจะบรรเทาลง ครูจะมีความเชื่อมั่นในสาระวิชา และกระบวนการสอนมากขึ้นแม้จะสอนไม่ตรงสาขาที่เคยเรียนมา

5. การศึกษาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จะเชื่อมโยงกับกลุ่มสาระการงานอาชีพและเทคโนโลยี กลุ่มสาระสุขศึกษา และพลศึกษา ดังนั้นการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะครอบคลุม 4 กลุ่มสาระวิชาในจำนวนทั้งหมด 8 กลุ่มสาระวิชา ซึ่งเท่ากับว่านักเรียนไทยจะได้มีเวลาเรียนวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เป็นเวลาครึ่งหนึ่งของเวลาเรียนทั้งหมด

6. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็มที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ระบุว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษาได้ดังนี้

1. ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์คิดสร้างสรรค์แก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างนวัตกรรมที่ใช้สะเต็มเป็นพื้นฐาน

2. ผู้เรียนเรียนรู้อย่างมีความสุขและมองเห็นเส้นทางการประกอบอาชีพในอนาคต

3. ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีสูงขึ้น

4. ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาอย่างมั่นใจ

5. ได้รูปแบบการจัดการศึกษาจัดเต็มที่เชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มพูนโอกาสให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในบริบทที่หลากหลายมีความหมายและเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

6. ประเทศไทยจะมีกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM workforce) ที่จะช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคต

แนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษา (STEM Education)

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นการจัดการศึกษาที่มีแนวคิดและลักษณะดังนี้ (พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556)

1. เป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) นั่นคือเป็นการบูรณาการระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) ทั้งนี้ได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว กล่าวคือ

- วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติโดยนักการศึกษามักชี้แนะให้อาจารย์ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquirybased Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-based Activities) ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ เหมาะกับผู้เรียนระดับประถมศึกษาแต่ไม่เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาหรือมหาวิทยาลัย เพราะทำให้ผู้เรียนเบื่อหน่าย และไม่สนใจแต่การสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจะทำให้นักเรียนสนใจมีความกระตือรือร้นรู้สึกท้าทายและเกิดความมั่นใจในการเรียนส่งผลให้ผู้เรียนสนใจที่จะเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นที่สูงขึ้นและประสบความสำเร็จในการเรียน

- เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการแก้ปัญหาปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยีที่เรียกว่า Engineering Design หรือ Design Process ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะดังนั้นเทคโนโลยีจึงมิได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรือ ICT ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจ

- วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนิสิตนักศึกษาโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีซึ่งคนส่วนใหญ่

มักเข้าใจว่าเป็นวิชาที่สามารถเรียนได้ แต่จากการศึกษาวิจัยพบว่าแม้แต่เด็กอนุบาลก็สามารถเรียนได้ดีเช่นกัน

- คณิตศาสตร์ (M) เป็นวิชาที่มิได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้นแต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญประการแรก คือ กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่ การเปรียบเทียบการจำแนก จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป การบอกรูปร่าง และคุณสมบัติ ประการที่สอง ภาษาคณิตศาสตร์ เด็กจะสามารถถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ได้ โดยใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า เล็กกว่า ใหญ่กว่า ฯลฯ ประการต่อมา คือ การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) จากกิจกรรมการเล่นของเด็กหรือการทำกิจกรรมในชีวิตประจำวัน

2. เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้นตั้งแต่ชั้นอนุบาล-มัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายทางการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ผลจากการศึกษา พบว่า ครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based Learning, Problem-based Learning, Design-based Learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดี และถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Educationในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถ และศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้นซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับวัยก่อนเรียน (Preschool) ด้วย

3. เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น ด้านปัญญาผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชาด้านทักษะการคิดผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ ด้านคุณลักษณะผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

STEM Education เป็นการบูรณาการที่สามารถจัดสอนได้ในทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลถึงชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยพบว่าในประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดเป็นนโยบายการศึกษาให้แต่ละรัฐนำ STEM Education มาใช้ ผลจากการศึกษา พบว่าครูผู้สอนใช้วิธีการสอนแบบ Project-based learning, Problem-based learning, Design-based learning ทำให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์พัฒนาชิ้นงานได้ดีและถ้าครูผู้สอนสามารถใช้ STEM Education ในการสอนได้เร็วเท่าใดก็จะยิ่งเพิ่มความสามารถและศักยภาพผู้เรียนได้มากขึ้นเท่านั้น ซึ่งในขณะนี้ในบางรัฐของ ประเทศสหรัฐอเมริกามีการนำ STEM Education ไปสอนตั้งแต่ระดับก่อนวัยเรียน (Pre-school) STEM Education เป็นการสอนที่ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ อย่างครบถ้วนและสอดคล้องกับแนวการพัฒนาคนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

- ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจในเนื้อหาวิชา

- ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิดโดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ ฯลฯ

- ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนมีทักษะการทำงานกลุ่ม ทักษะการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

เหตุผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

จากเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาข้างต้นสะท้อนให้เห็นถึงเหตุผลที่ต้องมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 4 ประการ (วชิร ศรีคุ้ม, 2558) ดังนี้

1. ต้องการยกระดับคุณภาพทางการศึกษา กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถยกระดับคุณภาพของนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้

2. การเพิ่มกำลังคนทางด้านสะเต็ม กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่เข้มแข็งทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จะนำไปสู่การเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพ

3. การเสริมศักยภาพในการแข่งขันระหว่างประเทศ กล่าวคือ เมื่อกำลังคนทางด้านสะเต็มมีคุณภาพจะนำไปสู่การยกระดับการแข่งขันของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาประเทศได้

4. การพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ การที่นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นนี้ ทำให้นักเรียนเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ สามารถคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ สื่อสาร และทำงานเป็นทีมได้ เมื่อพิจารณาบริบทของประเทศไทย พบว่า มีปัญหาคล้ายคลึงกับสหรัฐอเมริกา กล่าวคือ นักเรียนของประเทศไทยมีผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำส่งผลไปสู่การขาดกำลังคนทางด้านสะเต็ม (STEM workforce) ที่สะท้อนให้เห็นได้จากรายงานผลการจัดอันดับสัดส่วนแรงงานทักษะฝีมือแรงงานของไทยใน 7 สาขาอาชีพตามข้อตกลง ยอมรับร่วมกัน (MRAs) โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียนรวม 10 ประเทศ พบว่า สาขาวิศวกรอยู่ในอันดับ 8 แพทย์อยู่ในอันดับ 7 พยาบาลอยู่ในอันดับ 6 ทันตแพทย์อยู่ในอันดับ 5 สถาปนิกอยู่ในอันดับ 4 ส่วนนักสำรวจและนักบัญชีอยู่ในอันดับ 1 (ยงยุทธ แฉลม้วงศ์, 2558) เมื่อพิจารณากำลังแรงงานของประเทศในปี 2554 พบว่า แรงงานคนไทยทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีมีเพียง 3 ล้านคน จาก 39 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 9 และเมื่อพิจารณาแรงงานคนไทยที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป (Knowledge workers) พบว่า แรงงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีเพียงร้อยละ 33 เท่านั้น

จากสภาพปัญหาการขาดแคลนกำลังคนด้านสะเต็มของประเทศไทยดังกล่าว จึงส่งผลต่อขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยโดย International Institute for Management

Development (IMD, 2015-2017) ที่ระบุไว้ว่าในปีพ.ศ. 2558-2560 ประเทศไทยมีอันดับความสามารถในการแข่งขัน ปัจจัยที่ 4 โครงสร้างพื้นฐาน (Infrastructure) ด้านการศึกษา (Education) ของประเทศอยู่ที่อันดับที่ 48, 52 และ 54 จาก 61 ประเทศ ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้อง เตรียมความพร้อมของนักเรียนให้สามารถดำรงชีวิตและเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นความเป็นโลกาภิวัฒน์และเป็นสังคมข้อมูลข่าวสารมีการขยายตัวทางเทคโนโลยี อุตสาหกรรมบริการมีการแข่งขันในด้านเศรษฐกิจและมีความต้องการแรงงานที่มีความคิด สร้างสรรค์ (เขมวดี พงษานนท์ และกวิน เชื่อมกลาง, 2550)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเยาวชนและประเทศชาติดังที่คณะกรรมาธิการการสื่อสารมวลชนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสนเทศ (2558) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อการพัฒนาคนในการสร้างสรรค์นวัตกรรม และเทคโนโลยีช่วยนำพาประเทศให้มีขีดความสามารถในการยกระดับเศรษฐกิจให้ก้าวข้ามจากประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลางสู่ระดับสูง ดังนั้นการส่งเสริมให้เยาวชนหรือคนรุ่นใหม่ให้สนใจด้านสะเต็มศึกษาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนี้การกระตุ้นให้สังคมตระหนักถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา ก่อให้เกิดกลไกในการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ซึ่งช่วยผลักดันให้เกิดนโยบายแห่งชาติเพื่อรองรับนวัตกรรมของประเทศได้ จากความสำคัญในการพัฒนาเยาวชนและประเทศชาติข้างต้น กระทรวงศึกษาธิการจึงได้กำหนดมาตรการสะเต็มศึกษาในการยกระดับคุณภาพการศึกษาไว้ 4 ประการ (สถาบันส่งเสริมการ สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ดังนี้

1. ปรับเปลี่ยนวิธีการสอนในโรงเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษาในทุกระดับชั้น

2. ยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้เท่าเทียมนานาชาติ

3. พัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาและเอกสารกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อให้สถานศึกษาและครูใช้เป็นแนวทาง

4. สร้างกำลังคนสายอาชีพสะเต็มศึกษาที่มีคุณภาพให้กับประเทศชาติ

แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ได้เสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย ได้แก่

- การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดสถานการณ์ที่เป็นปัญหาและท้าทายการคิดของผู้เรียน เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิด

ความสนใจและศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลด้วยตนเองเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากผู้สอนไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเสริมสร้างให้ผู้เรียนเกิดการใฝ่เรียนรู้

- การจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเลือกทำโครงงานที่ตนเองสนใจ และร่วมกันสำรวจ สังเกต กำหนดเรื่องที่ตนเองสนใจ มีการวางแผนในการทำโครงงานร่วมกัน โดยศึกษาหาข้อมูลความรู้ที่จำเป็นและลงมือปฏิบัติตามแผนที่กำหนดจนได้ข้อค้นพบหรือองค์ความรู้ใหม่แล้วเขียนรายงาน นำเสนอต่อสาธารณชน และนำผลงานและประสบการณ์ทั้งหมดมาอภิปราย แลกเปลี่ยนเรียนรู้ และสรุปผลการเรียนรู้ที่ได้รับจากประสบการณ์ที่ได้รับทั้งหมด

- การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียน

ฟาสเกซ, คอมเมอร์ และสไนเดอร์ (Vasquez et al., 2013) กล่าวว่าในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการสร้างผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ช่วยให้นักเรียนใช้ความรู้ทางทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งได้แนะนำหลักการของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ 5 หลัก ดังนี้

1. มุ่งไปที่การบูรณาการ กล่าวคือ การผนวกสองสาขาวิชาขึ้นไปสามารถช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของวิชาต่าง ๆ รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เมื่ออยู่ในโอกาสที่ต้องเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ

2. แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ กล่าวคือ นักเรียนต้องมองเห็นความสำคัญของความรู้และการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ตนมีรวมทั้งการมองว่าสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงมีความสัมพันธ์กับความรู้หรือทักษะที่ตนมีอย่างไร ตลอดจนการทราบว่าตนเองต้องพัฒนาทักษะด้านใด เพื่อให้มีอาชีพที่สามารถทำงานได้ในโลกแห่งความเป็นจริง

3. ให้ความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ ในโลกปัจจุบันและอนาคต การทำงานอาจไม่สำคัญว่าต้องใช้ความรู้มากเท่าใด แต่สำคัญตรงที่ว่าบุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้ อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ เมื่อต้องการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้แก้ปัญหา รวมทั้งการมีความสามารถในการสื่อสารความคิด การทำงานเป็นทีม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ ทักษะที่กล่าวมานี้ คือ ทักษะในศตวรรษที่ 21

4. ท้าทายนักเรียน กล่าวคือ ครูวางแผนในการกำหนดภาระงานให้นักเรียนมีความท้าทายซึ่งต้องไม่ยากเกินไปจนนักเรียนล้มเลิก และไม่ง่ายเกินไปจนเกิดความเบื่อหน่าย ภาระงานที่ว่านี้

ต้องแสดงให้เห็นถึงการใช้ทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยนักเรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในแต่ละภาระงาน

5. การผสมผสานวิธีการจัดการเรียนรู้ กล่าวคือ ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะเห็นได้จากการที่นักเรียนนำเสนอความรู้ได้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย นักเรียนเกิดการแบ่งปันความรู้และถ่ายทอดทักษะที่ตนเชี่ยวชาญให้เพื่อน ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความสนุกสนานที่จะเรียนรู้

ประเทศไทยกับสะเต็มศึกษา

เมื่อพิจารณาบริบทของประเทศไทย พบว่ามีปัญหาคล้ายคลึงกับสหรัฐอเมริกา กล่าวคือ สะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเรียนรู้และใช้ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ร่วมกับกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง เพื่อช่วยให้นักเรียนมองเห็นลู่ทางสู่การประกอบอาชีพแห่งอนาคต และความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสะเต็มที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 มีความพร้อมในการเป็นแรงงานด้านสะเต็ม ช่วยยกระดับการเรียนรู้และผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ (กุศลิน มุสิกุล, 2559) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาการเตรียมแรงงานไทยเพื่อรองรับประชาคมอาเซียนใน 7 สาขาอาชีพและเพิ่มเติมสาขาการท่องเที่ยวที่มีการเคลื่อนย้ายแรงงานเสรี พบว่าแรงงานไทยส่วนใหญ่มีทักษะด้านภาษาไอทีและการคิดคำนวณต่ำกว่าที่นายจ้างต้องการส่วนผลการจัดอันดับสัดส่วนแรงงานทักษะฝีมือแรงงานของไทยใน 7 สาขาอาชีพ โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียนรวม 10 ประเทศ พบว่า สาขาวิศวกรอยู่อันดับ 8 แพทย์อยู่ในอันดับ 7 พยาบาลอยู่อันดับ 6 ทันตแพทย์อยู่อันดับ 5 สถาปนิกอยู่อันดับ 4 ส่วนนักสำรวจและนักบัญชีอยู่อันดับ 1 (ยงยุทธ แฉล้มวงศ์, 2558)

ประเทศไทยอยู่ในกลุ่มประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลาง ซึ่งต้องการกำลังคนที่มีความรู้ทักษะด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เหมาะสมกับการผลิตและการบริการที่มีการแข่งขันสูง และการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ต้องใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และเครื่องจักรที่มีเทคโนโลยีสูง ตลอดจนการจัดการโลจิสติกส์ เป็นต้น แต่การศึกษา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีของประเทศไทยยังอยู่ในระดับที่ยังไม่สามารถตอบสนองความต้องการในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของชาติได้ อีกทั้งประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community – AEC) ที่เริ่มต้นขึ้นในปี พ.ศ. 2558 จะมีการเคลื่อนย้ายเสรีของกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM Workforce) เช่น วิศวกร นักสำรวจ สถาปนิก แพทย์ ทันตแพทย์ และพยาบาล ซึ่งประเทศไทยยังขาดแคลนกำลังคนทางด้านนี้ทั้งในด้านปริมาณและคุณภาพจึงจำเป็นต้องเร่งปรับยุทธศาสตร์การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้เน้นความรู้ทักษะที่เหมาะสมกับการประกอบอาชีพในเศรษฐกิจและสังคมยุคเออีซี (สำนักงานเลขาธิการสภาผู้แทนราษฎร, 2559)

ประเทศไทยจำเป็นที่จะต้องปรับเปลี่ยนวิธีการเรียนวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนที่สนใจเรียนในสาขาวิทยาศาสตร์น้อยลง เนื่องจากเป็นวิชาที่ยากแต่สาขาศิลปะศาสตร์เรียนได้ง่ายกว่า งานด้านวิทยาศาสตร์หายากกว่า ได้ค่าตอบแทนน้อยกว่างานด้านอื่น ๆ เช่น บันเทิง ธุรกิจท่องเที่ยว แฟชั่น หรือการกีฬา เหตุผลหลักที่ประเทศไทยต้องเปลี่ยนวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มาเป็นสะเต็มศึกษามีดังต่อไปนี้ (มนตรี จุฬาวัฒนฑล, 2556)

1. ความรู้ความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ของเยาวชนไทยยังด้อยกว่านานาชาติซึ่งจากการทดสอบขั้นพื้นฐานระดับชาติ (O-NET) และทดสอบความรู้ทักษะด้านการอ่านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดย PISA และสถาบันส่งเสริมการสอนคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระหว่างประเทศ (Trend in Internationnal Mathamatics and Science Study หรือ TIMSS) ผลการทดสอบบ่งชี้ว่าการศึกษาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในระดับโรงเรียนมีคุณภาพต่ำโดยเฉลี่ย สาเหตุหลักเกิดจากการท่องจำแต่ขาดทักษะการคิดวิเคราะห์และสังเคราะห์

2. ประเทศไทยต้องการที่จะหลุดพ้นจากการเป็นประเทศที่มีรายได้ปานกลาง ดังนั้นไทยจะต้องเพิ่มศักยภาพทางด้านการแข่งขันความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ และทักษะในการสร้างนวัตกรรม

3. จำนวนผู้เรียนสายวิทยาศาสตร์ลดลงในทุกระดับส่งผลให้กำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ไม่สามารถรองรับการแข่งขันในอนาคตได้ ซึ่งข้อมูลจากสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติแสดงให้เห็นว่า ในปี 2554 ประเทศไทยมีกำลังแรงงาน 39 ล้านคน แต่มีเพียง 3 ล้านคน หรือต่ำกว่าร้อยละ 10 ของแรงงานทั้งหมดที่เป็นกำลังคนที่ทำงานโดยอาศัยความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะมาช่วยยกระดับการศึกษาในบริบทการศึกษาของประเทศไทยในปัจจุบัน จากการจัดให้มีการปฏิรูปการศึกษาและการเรียนรู้เพื่อสร้างคุณภาพของคนไทยให้สามารถเรียนรู้สามารถพัฒนาการประกอบอาชีพ และดำรงชีวิตได้โดยมีความใฝ่รู้ มีทักษะเหมาะสมในการพัฒนากำลังคนให้เป็นที่ต้องการเหมาะสมกับพื้นที่และด้านการเกษตร อุตสาหกรรม ธุรกิจบริการ ควรมีกระบวนการเรียนรู้และหลักสูตรปรับปรุงให้มีการพัฒนาและส่งเสริมสิ่งที่มีประโยชน์จากวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี เพื่อนำมาวิจัยพัฒนานวัตกรรมใหม่ ๆ โดยส่งเสริมระบบการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการผลิตกำลังคนในสาขาที่ขาดแคลน ตลอดจนการเชื่อมโยงระหว่างการเรียนรู้กับการทำงานตามแนวนโยบายของรัฐบาล สอดคล้องกับแนวคิดการบูรณาการการศึกษาที่หลายประเทศได้พยายามขับเคลื่อนอยู่ในปัจจุบันที่เรียกกันว่าสะเต็มศึกษา

(STEM Education) (คณะกรรมาธิการการสื่อสารมวลชนการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสนเทศ, 2558)

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษามุ่งส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เพิ่มทักษะการคิดวิเคราะห์ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะการทำงานเป็นทีม และทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) (กมลฉัตร กล่อมอิ่ม, 2559)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียน เชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเองจากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น และสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้นกรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ประกอบด้วย

1. นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองและนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน

2. ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่ และนักเรียนแต่ละคนมีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน

3. การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การมีประสบการณ์ตรงและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่

4. ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถกระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุก ๆ ด้าน

จากความหมายทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่าทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ทำให้ได้ความรู้จะเกิดขึ้นและสร้างขึ้นด้วยผู้เรียนเอง โดยความรู้จะเกิดขึ้นจากการแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับ และการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีก็ต่อเมื่อได้รับประสบการณ์ตรงได้มีส่วนร่วมในการสร้างที่มีความหมายกับตนเองสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่กับกระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นไปด้วยความมุ่งมั่นและตั้งใจของนักเรียนเอง

ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษายังมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม (Constructionism) (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553)

จากทฤษฎีคอนสตรัคชั่นนิซึม (Constructionism) ทฤษฎีนี้ถูกพัฒนาขึ้นโดย Papert ซึ่งเขาเห็นว่าคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่ทรงพลังในการส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดี ซึ่ง Papert ได้เห็นว่าการเรียนรู้มีพื้นฐานสำคัญ 2 ประการ คือ

1. ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยการสร้างความรู้ใหม่ขึ้นด้วยตนเองโดยความรู้จะเกิดขึ้นจากการแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับ

2. เป็นการเรียนรู้ที่มีความหมายกับผู้เรียนซึ่งกระบวนการเรียนรู้จะมีประสิทธิภาพมากที่สุด หากกระบวนนั้นมีความหมายกับผู้เรียน

จากแนวคิดข้างต้นเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้เรียนจะได้จากการลงมือสร้างสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาแสดงว่าการเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีนั้นต้องได้รับประสบการณ์ตรงหรือลงมือกระทำด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงผสมผสานระหว่างความรู้ใหม่กับความรู้ที่มีอยู่เดิมดังนั้นหากผู้เรียนได้สร้างความคิด และนำความคิดของตนเองไปสร้างสรรค์เป็นชิ้นงานโดยอาศัยสื่อเทคโนโลยีที่เหมาะสม

การเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนลงมือกระทำด้วยตนเอง ผู้เรียนจะต้องใช้ความคิดมีความกระตือรือร้นช่วยให้ผู้เรียนได้สร้างความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ด้วยตนเองไปพร้อมกับการฝึกคิด การฝึกแก้ปัญหา นอกจากนั้นผู้เรียนยังได้บูรณาการความรู้ในหลาย ๆ ด้าน เพื่อเป็นประโยชน์นำมาสร้างเป็นชิ้นงาน

หลักการแนวคิดในการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เนื่องด้วยการออกแบบการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจะมีทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์และคอนสตรัคชั่นนิซึมเป็นพื้นฐาน ดังนั้นการจัดกิจกรรมจะต้องเน้นการสร้างความรู้ด้วยเองกับการลงมือปฏิบัติ จึงจะต้องคำนึงถึงเนื้อหาในบทเรียน เนื่องมาจากเนื้อหาจะเป็นปัจจัยที่ใช้กำหนดวิธีการจัดการเรียนรู้จะพิจารณาที่ความแปลกใหม่และการคิดแก้ปัญหาของนักเรียนรวมทั้งในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้จะต้องได้รับการปรับปรุงพัฒนาให้มีศักยภาพของการเขียนแผนควรวางแผนทั้งในด้านเนื้อหาที่จะนำมาใช้จัดกิจกรรม และคุณลักษณะที่ต้องการสนับสนุนให้เกิดกับผู้เรียนและการเรียนให้มีความยืดหยุ่น และดำเนินไปได้พร้อมกับตอบสนองของผู้เรียนอย่างเหมาะสม (ปาริชาติ ประเสริฐสังข์, 2559)

การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ พบว่า จำเป็นต้องใช้คณิตศาสตร์ในการจัดกระทำข้อมูล เป็นไปตามแนวคิดของ (Vasques, Sneiderand Comer 2013 อ้างใน ปาริชาติ ประเสริฐสังข์, 2559) จึงเน้นการบูรณาการการปฏิบัติด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมมากกว่าการเพิ่มวิชาเทคโนโลยีและวิศวกรรมเข้าไปในหลักสูตรของโรงเรียนโดยเสนอหลักการ 5 ข้อ ดังนี้

1. การบูรณาการระหว่าง 2 วิชาขึ้นไปเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจถึงหลักการและความเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดพื้นฐานการนำประยุกต์ใช้สร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ร่วมกัน

2. การสร้างความสัมพันธ์กระตุ้นให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญของการนำความรู้ใหม่ ๆ ไปประยุกต์ใช้การสร้างคำถามเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจในประเด็นนี้ เช่น สะเต็มที่เกี่ยวกับปัญหาจริงในชีวิตอย่างไร นักเรียนจะสามารถมองอาชีพที่ดีขึ้นได้หรือมีความรู้และทักษะด้านสะเต็ม

3. ความสำคัญของทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ความสามารถที่ต้องการในยุคของสารสนเทศจะสามารถเข้าถึงข้อมูลที่ต้องการได้อย่างไร การสร้างสนเทศที่สร้างสรรค์สามารถแก้ปัญหา สื่อสาร แนวคิด หลักการ การทำงานเป็นทีม การร่วมมือกันการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ความคิดสร้างสรรค์

4. สร้างความท้าทายแก้นักเรียนความเข้าใจถึงจิตวิทยาพัฒนาการของผู้เรียนจะช่วยให้ครูสามารถออกแบบกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถของผู้เรียน

5. การจัดเตรียมกิจกรรมที่หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงความรู้แลกเปลี่ยนประสบการณ์และพัฒนาความสามารถ ซึ่งวิธีการเรียนรู้ที่สำคัญคือ โครงงานเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนแสดงแนวคิดในการแก้ปัญหาและความสร้างสรรค์ในการแก้ปัญหาวิธีการเรียนโครงงานเป็นฐานเป็นวิธีการสร้างกระบวนการในการเรียนรู้ วิธีการสาธิตการเรียนรู้ของผู้เรียนและวิธีการวัดและประเมินผลเพื่อสรุปขั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่เห็นได้ชัดเจนโดยใช้องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการจัดการเรียนรู้

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการสร้างผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ นักเรียนจำเป็นต้องใช้ความรู้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหา ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงจำเป็นต้องเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ โดย ฟาสเกซ, คอมเมอร์ และสไนเดอร์ (Vasquez et al., 2013) แบ่งไว้ 4 ระดับ ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน

2. การบูรณาการพหุวิทยาการ หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกันผ่านหัวข้อหลัก โดยการอ้างอิงถึงหัวข้อหลักในการสอน ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชากับหัวข้อหลัก

3. การบูรณาการสหวิทยาการ หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะที่มีความสอดคล้องกันของวิชาที่เกี่ยวข้องร่วมกันผ่านกิจกรรมช่วยให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาเหล่านั้น

4. การบูรณาการข้ามวิชา หมายถึง การที่นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและฝึกทักษะของสี่วิชา ประยุกต์ความรู้ และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง เพื่อสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง

บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จำรัส อินทลาภาพร (2558) ได้กล่าวถึงบทบาทของผู้สอนของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้น น่าสนใจ สนุกสนาน มีชีวิตชีวา เพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิด และการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถกระบวนการคิด และการแก้ปัญหาของผู้เรียน โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริง และท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

6. เป็นผู้โค้ช (Coach)

7. เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)

8. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ หลักการการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มสรุปได้ดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก ให้นักเรียนต้องหาวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา	1. ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด เพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
2. จัดบรรยากาศการเรียนรู้ ให้เอื้อต่อการจัดกิจกรรม	2. ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อระบุเกณฑ์และข้อจำกัด
3. แนะนำแหล่งข้อมูล ให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า	3. สืบค้น รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างผลงาน
4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้นักเรียนได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบการแก้ปัญหา	4. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้หรือปฏิบัติการทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการออกแบบการแก้ปัญหา
5. กระตุ้นนักเรียนเป็นรายกลุ่มและรายบุคคลให้ออกแบบการแก้ปัญหา ตรวจสอบความเป็นไปได้ของแต่ละวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนคิด	5. นักเรียนในแต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อคิดออกแบบ ในการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย นำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา
6. ตรวจสอบความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกใช้	6. นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปราย เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดสอดคล้องกับข้อจำกัด และมีความเป็นไปได้ที่จะบรรลุเกณฑ์ที่กำหนดไว้
7. จัดสภาพแวดล้อม เพื่อเอื้อให้นักเรียนสามารถทดสอบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ได้	7. นำวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นตัวต้นแบบมาทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ครูได้จัดเตรียม
8. ประเมินผลการสร้าง วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม	8. สังเกตข้อดีและข้อบกพร่อง ของวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ดีขึ้น
9. จัดหาโอกาส เวลา และสถานที่รวมถึงเว็บไซต์ เพื่อให้นักเรียนได้นำเสนอผลงาน	9. ออกแบบการนำเสนอและผลิตสื่อนำเสนอ

แนวทางการวัดและประเมินผลสะเต็มศึกษา

การวัดและประเมินผลในสภาพจริงผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเป็นการเรียนรู้สะท้อนให้เห็นถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน

โดยมีแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2558)

1. การประเมินจากสภาพจริง (Authentic assessment) หมายถึง การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออกการกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากกลายวิธีในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

1.1 การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอน และต้องประเมินอย่างต่อเนื่องโดยใช้วิธีประเมินหลายวิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้านในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

1.2 สามารถประเมินกระบวนการคิดซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงานศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิต และกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

1.3 เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติลักษณะนิสัย ทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น ฯลฯ

1.4 เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้าน และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้การส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพ ความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล

1.5 ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอนและการวางแผนการสอนของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหากิจกรรม และตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องเหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

1.6 เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

1.7 เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้

เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูลและวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1.1 สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม

1.2 ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน

1.3 การสัมภาษณ์

1.4 บันทึกของผู้เรียน

1.5 การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู

1.6 การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (practical assessment)

1.7 การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment)

1.8 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน (portfolio assessment)

1.9 การทดสอบ ฯลฯ

2. การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance assessment)

2.1 ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2557)

2.2 การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออกกระบวนการทำงาน และผลผลิตของงานจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

2.3 ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียน ทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- การมอบหมายงานต้องมีความหมาย มีความสำคัญกับหลักสูตรเนื้อหาวิชาและชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

- การกำหนดชิ้นงาน อุปกรณ์หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

- การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติแก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

การวิจัยครั้งนี้ยึดหลักการและขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดเป็นแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ผสมผสานบูรณาการภายในหรือข้ามสาระการเรียนรู้ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ เกี่ยวข้องกับชีวิตจริงได้แก่ วิทยาศาสตร์ (S) เทคโนโลยี (T) วิศวกรรมศาสตร์ (E) และคณิตศาสตร์ (M) โดยใช้ปัญหาที่เกิดจากสถานการณ์จริงหรือเหตุการณ์ที่ครูได้กำหนดขึ้นเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ศึกษาค้นคว้าหาวิธีการแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง จากการนำความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับประสบการณ์ของนักเรียน และคำแนะนำจากครูเพิ่มเติม แล้วนำไปสู่การสรุปแก้ไขปัญหาสถานการณ์ที่เกิดขึ้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ใช้กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีหน่วยงานและนักวิจัยหลายท่านได้เสนอไว้ดังต่อไปนี้ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสม เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายในการดำเนินการให้ชัดเจนในการออกแบบ และพัฒนาต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหา โดยผลที่ได้นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

National Research Council หรือ NRC ก็ได้เสนอขั้นตอนในการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสะเต็มด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (NRC, 2012 อ้างอิงในสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) ได้แก่

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

เป็นการทำความเข้าใจปัญหาวิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหาซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related : Information Search)

เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาประเมินความเป็นไปได้ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากรข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการแล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing Evaluation and Design Improvement)

เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือวิธีการโดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)

เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการให้ผู้อื่นเข้าใจ และได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

Museum of Science (2007) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ใช้กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย 5 ขั้น ตอนดังนี้

1. ขั้นตั้งคำถาม (ask) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไขรวมทั้งพิจารณาว่าต้องใช้วิธีการต่าง ๆ จึงจะแก้ปัญหาได้สำเร็จภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์นั้น

2. ขั้นจินตนาการ (imagine) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย จึงพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด

3. ขั้นวางแผน (plan) เป็นขั้นที่นักเรียนจะต้องระบุขั้นตอนการแก้ปัญหาโดยกำหนดวัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่ต้องใช้

4. ขั้นสร้างสรรค์ (create) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องปฏิบัติตามแผนงานเพื่อสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์มาใช้ในการแก้ปัญหา

5. ขั้นปรับปรุง (improve) เป็นขั้นทดสอบการแก้ปัญหาเพื่อหาข้อดีและข้อบกพร่อง นำไปสู่การต่อยอดในการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นต่อไป

Biliar, Hubslbank, Oliva and Camesano (อ้างอิงใน สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558) ทำการวิจัยเพื่อประยุกต์ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Design Process) โดบออกแบบในส่วนของบทเรียนและกิจกรรมการเรียนรู้กระบวนการออกแบบเชิงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ ตั้งอยู่บนฐานของกระบวนการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. ระบุปัญหา/ความต้องการ ระบุหัวข้อ/องค์ความรู้ที่สนใจและกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้สำหรับผู้เรียน

2. ศึกษาวิจัยจัดลำดับเป้าหมายและข้อจำกัด ศึกษาค้นคว้าหาเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้ วิเคราะห์บริบทของการจัดการเรียนรู้ (เช่น ผู้เรียน โรงเรียน) จัดลำดับจุดประสงค์การเรียนรู้และวิเคราะห์ข้อจำกัดในการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง

3. หาวิธีการแก้ปัญหาที่จะเป็นไปได้ หาแนวทางการจัดการเรียนรู้หลากหลายวิธีที่เหมาะกับสภาพจริง

4. เลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ภายใต้ข้อจำกัด เลือกแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ดีที่สุดเหมาะสมกับบริบทจุดประสงค์ และสภาพจริงของการจัดการเรียนรู้

5. สร้างโมเดล หรือรูปแบบของการแก้ปัญหา สร้างหน่วยการเรียนรู้

6. ทดสอบหรือประเมินผลการใช้รูปแบบทดสอบหน่วยการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยนำไปใช้ในชั้นเรียนจริง

7. นำเสนอสื่อสารผลการประเมินและอภิปรายผลการใช้หน่วยการเรียนรู้กับเพื่อน ผู้บริหาร และผู้สนใจ เพื่อรับการสะท้อนผลและคำแนะนำ

8. ปรับปรุงแก้ไขรูปแบบของการแก้ปัญหา ปรับปรุงแก้ไขหน่วยการเรียนรู้ตามผลการประเมินการสะท้อนผลและคำแนะนำ

Capraro et al. (2013) ได้เสนอการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ใช้กระบวนออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด (identify problem and constraints) ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนระบุแก้ปัญหาจากสถานการณ์ อาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถระบุข้อจำกัดของการแก้ปัญหาและเกณฑ์ที่วัดผลสำเร็จของการแก้ปัญหา

2. ขั้นศึกษาค้นคว้า (research) เมื่อนักเรียนระบุจากสถานการณ์แล้ว ผู้สอนจัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้ และการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และจัดกระทำข้อมูลรวมทั้งการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแอพลิเคชั่นต่าง ๆ เพื่อได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ โดยสอดคล้องกับข้อจำกัดและการบรรลุเกณฑ์วัดความสำเร็จที่ได้กำหนดไว้

3. ขั้นคิดออกแบบ (ideate) เมื่อนักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้ว นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ โดยให้มีความคิดหลายแบบมากที่สุด รวมทั้งระบุสิ่งที่เป็นไปได้ในแต่ละความคิดอย่างมีเหตุผล

4. ขั้นวิเคราะห์ความคิด (analyse Ideas) หลังจากที่นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มคิดออกแบบมาในส่วนขั้นนี้นักเรียนจะช่วยกันวิเคราะห์ และอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบ โดยมีเป้าหมาย เพื่อได้วิธีการแก้ปัญหาที่มีความเหมาะสมมากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเกณฑ์วัดและสอดคล้องกับข้อจำกัด โดยอาจจะเลือกวิธีการแก้ปัญหาวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือประมวลมาจากวิธีการแต่ละแบบ

5. ขั้นสร้างผลงาน (build) เมื่อนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มวิเคราะห์ความคิด จากนั้นนักเรียนจะนำความคิดดังกล่าวไปสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่าต้นแบบ (prototype) โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อนำไปทดสอบและปรับปรุงต่อไป

6. ขั้นทดสอบและปรับปรุง (test and refine) นักเรียนนำสิ่งประดิษฐ์ไปทดสอบการแก้ปัญหาว่าสามารถบรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือไม่รวมทั้งตรวจสอบและบันทึกข้อมูลว่าสิ่งประดิษฐ์มีข้อบกพร่องอย่างไร เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ให้ดีขึ้นจนสามารถบรรลุเกณฑ์ชี้วัด โดยมีการประเมินสิ่งประดิษฐ์ว่าสอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่หลังจากทดสอบและสังเกตสิ่งประดิษฐ์ นักเรียนจะได้ข้อมูลใหม่ที่จะนำไปพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ให้ดีขึ้น โดยนักเรียน

จะย้อนกลับไปในขั้นคิดออกแบบเพื่อระดมสมองวิเคราะห์ และออกแบบสิ่งประดิษฐ์เพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์แบบใหม่ทดสอบและปรับปรุงอีกครั้งไปเรื่อย ๆ เป็นวงจรจนกว่าจะได้สิ่งประดิษฐ์สุดท้ายที่บรรลุเกณฑ์ชี้วัด และสอดคล้องกับข้อจำกัดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

7. ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล (communicate and reflect) นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ผ่านการทดสอบและปรังปรุงมาอย่างดีแล้วมานำเสนอหลักการและความคิดของการออกแบบการแก้ปัญหาเป็นการเผยแพร่ความคิดสู่สังคมซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการทำสื่ออิเล็กทรอนิกส์สำหรับเผยแพร่ความคิดในลักษณะของนิทรรศการหรือการเผยแพร่สู่โลกออนไลน์ นอกจากนี้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงานของกลุ่มนักเรียนเอง

จากการศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตจริงนำไปสู่การสร้างนวัตกรรม โดยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีลักษณะการสอนที่ตั้งอยู่บนฐานการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ การสอนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยการนำเทคโนโลยีเข้ามาเพื่ออำนวยความสะดวกในการออกแบบชิ้นงานและเพื่อใช้แก้ปัญหาตามขั้นตอนของกระบวนการทางวิศวกรรม คือ การระบุปัญหาจากสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การค้นหาวิธีการแก้ไขปัญหาเลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม จากนั้นทดสอบประเมินผลการแก้ปัญหา ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) และนำขั้นตอนของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) มาประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ในรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา และประเมินความเป็นไปได้ความคุ้มทุน ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสม เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายในการดำเนินการให้ชัดเจนในการออกแบบและพัฒนาต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นตอนการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุง ทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชน โดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ภพ เลาหไพบูลณ์ (2542) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่า พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้จากที่ไม่เคยกระทำได้หรือกระทำได้น้อยก่อนที่จะมีการเรียนรู้ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัด

บุญชม ศรีสะอาด (2545) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าผลการเรียนที่ได้จากการสอบที่มุ่งให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์ที่กำหนดไว้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2543) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนว่าคุณลักษณะรวมความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน หรือประสบการณ์ทั้งปวงที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอนทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพสมอง

จากความหมายดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนที่บุคคลได้จากการจัดการเรียนรู้ และพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่ได้รับการฝึกฝนจนเกิดประสบการณ์ความชำนาญ

ความหมายของแบบวัดผลสัมฤทธิ์

แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนถือว่าเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะใช้ในการตรวจสอบพฤติกรรมหรือผลการเรียนรู้ของผู้เรียน แบบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ซึ่งมีนักวัดผลการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของแบบวัดสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่ผู้เรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

ไพศาล หวังพานิช (2523) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการตรวจสอบระดับความสามารถหรือความสัมฤทธิ์ผลของบุคคล ซึ่งสามารถวัดได้ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะวิชาที่สอน

เยาวดี วิบูลย์ศรี (2540) กล่าวว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้เชิงวิชาการที่เน้นการวัดความสามารถจากการเรียนรู้ในอดีตหรือในสภาพปัจจุบัน

จากความหมายดังกล่าว ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้เชิงวิชาการเน้นการวัดความสามารถจากการเรียนรู้ให้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนที่มุ่งหวังไว้

แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

เยาวดี รางชัยกูล วิบูลย์ศรี (2553) ซึ่งได้จำแนกด้านพุทธพิสัยออกเป็น 6 ด้านตามแนวคิดของบลูมและคณะดังนี้

1. ความรู้ (Knowledge) ซึ่งได้แก่

1.1 ความรู้เฉพาะเรื่อง (Knowledge of Specifics)

1.2 ความรู้เกี่ยวกับศัพท์เทคนิคหรือศัพท์เฉพาะ (Knowledge of Terminology)

1.3 ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงเฉพาะ (Knowledge of Specific of Facts)

1.4 ความรู้เกี่ยวกับแนวทางและวิธีการจัดการกับปัญหาเฉพาะ (Knowledge of Way of Dealing with Specifics)

1.5 ความรู้เกี่ยวกับแบบแผนนิยม (Knowledge of Conventions)

1.6 ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นตอนตามเหตุและผล (Knowledge of Trends and Sequence)

1.7 ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกและจัดประเภท (Knowledge of Classification and Categories)

1.8 ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ (Knowledge of Criteria)

1.9 ความรู้เกี่ยวกับวิธีการ (Knowledge of Methodology)

1.10 ความรู้เกี่ยวกับหลักการทั่วไปและความรู้ที่เป็นนามธรรมในสาขาวิชา (Knowledge of Universals and Abstractions in a Field)

1.11 ความรู้เกี่ยวกับหลักการและข้อสรุปทั่วไป (Knowledge on Principles and Generalizations)

1.12 ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและโครงสร้าง (Knowledge of Theories and Structures)

2. ความเข้าใจ (Comprehension) ซึ่งได้แก่

2.1 การแปลความ (Translation)

2.2 การตีความ (Interpretation)

2.3 การขยายความ (Extrapolation)

3. การนำไปใช้ (Application) ซึ่งได้แก่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมตามควร

4. การวิเคราะห์ (Analysis) ซึ่งได้แก่

4.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบ (Analysis of Elements)

4.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Analysis of Relationships)

4.3 การวิเคราะห์หลักการ (Analysis of Principles)

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) ซึ่งได้แก่

5.1 การสังเคราะห์ข้อความเพื่อสื่อความหมาย (Production of a Unique Communication)

5.2 การสังเคราะห์เพื่อการวางแผนโครงการ หรือแผนการดำเนินงานใด ๆ (Production of a Plan or Proposed Set of Operations)

5.3 การสังเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงนามธรรม (Derivation of a Set of Abstract Relations)

6. การประเมินผล (Evaluation) ซึ่งได้แก่

6.1 การตัดสินคุณค่าโดยใช้เกณฑ์ภายใน (Judgement in terms of Internal Criteria)

6.2 การตัดสินคุณค่าโดยใช้เกณฑ์ภายนอก (Judgement in terms of External Criteria)

ชวลิต ชูกำแพง (2551) ได้จัดลำดับขั้นของกระบวนการทางปัญญาในจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัยของบลูมที่ปรับปรุงใหม่มีลำดับขั้น 6 ขั้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. ความรู้ความจำ (Remembering) หมายถึง เป็นความสามารถในการจดจำในสิ่งที่เรียนมาแล้วเกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

2. ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง มีความเข้าใจในการแปลความหมายและสามารถอธิบายได้

3. การประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง เป็นความสามารถในการนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปเชื่อมโยงประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่

4. วิเคราะห์ (analyzing) หมายถึง ความสามารถในการเปรียบเทียบ อธิบายลักษณะการจัดการ ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถบอกความแตกต่างระหว่าง 2 ทฤษฎีได้

5. ประเมินค่า (evaluating) หมายถึง ความสามารถในการตรวจสอบ วิจารณ์ ตัดสิน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถตัดสินคุณค่าของทฤษฎีได้

6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถในการออกแบบ (design) วางแผน ตัวอย่างเช่น นักเรียนสามารถนำเสนอทฤษฎีใหม่ที่แตกต่างไปจากทฤษฎีเดิมได้

จากการประมวลแนวคิดของบลูมเดิมและบลูมที่นำมาปรับปรุงใหม่จะเห็นได้ว่า มีแนวคิดคล้ายคลึงกัน ดังแสดงในตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 สรุปการประมวลแนวคิดของบลูมเดิม (Bloom's Taxonomy, 1956) และบลูมที่นำมาปรับปรุงใหม่ (Bloom's Taxonomy, 2001)

คำศัพท์เดิม (Bloom's Taxonomy 1956)	**คำศัพท์ใหม่ (Bloom's Taxonomy 2001)**
การประเมินค่า (Evaluation)	คิดสร้างสรรค์ (Creating)
การสังเคราะห์ (Synthesis)	ประเมินค่า (Evaluating)
การวิเคราะห์ (Analysis)	การวิเคราะห์ (Analysis)
การนำไปใช้ (Application)	การประยุกต์ใช้ (Applying)
ความเข้าใจ (Comprehension)	ความเข้าใจ (Understanding)
ความจำ (Knowledge)	ความรู้ความจำ (Remembering)

จากการศึกษาแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า แนวคิดของ Bloom et al. (1956) และบลูมที่นำมาปรับปรุงใหม่ (Anderson et al., 2001) สิ่งที่แตกต่าง คือ การเพิ่มมิติด้านลักษณะความรู้เพื่อช่วยให้การกำหนดวัตถุประสงค์การเรียนรู้มีความชัดเจนเนื้อหายิ่งขึ้น การปรับรูปแบบคำที่ใช้ ซึ่งในขั้นที่ 1 เปลี่ยนจากคำว่า "ความจำ" เป็น "ความรู้ความจำ" ขั้นที่ 5 เปลี่ยนจาก "การสังเคราะห์" เป็น "ประเมินค่า" และขั้นที่ 6 เปลี่ยนจาก "การประเมินค่า" เป็น "คิดสร้างสรรค์" ซึ่งผู้วิจัยได้นำแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามแนวคิดของบลูมที่นำมาปรับปรุงใหม่ (Anderson et al., 2001) ใช้ในการสร้างเครื่องมือ เพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2551) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ว่า หมายถึง แบบทดสอบที่วัดสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ผ่านมาแล้วว่ามีอยู่เท่าใด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนมีจุดมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบคุณภาพต่าง ๆ ของนักเรียนที่ต่างกลุ่มกัน เช่น เปรียบเทียบ

คุณภาพของนักเรียนในโรงเรียนแห่งหนึ่งกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ทั่วประเทศ (แบบทดสอบมาตรฐานระดับชาติ) หรือกับนักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ทั่วจังหวัด (แบบทดสอบมาตรฐานระดับจังหวัด) เป็นต้น

2. แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้น (Teacher Made Test) หมายถึง แบบทดสอบที่มุ่งวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนเฉพาะกลุ่มที่ครูสอนจะไม่นำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มอื่น เป็นแบบทดสอบที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปในโรงเรียนซึ่งนิยมใช้กันมีอยู่ 6 ประเภท ดังนี้

2.1 แบบทดสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นแบบทดสอบที่มีเฉพาะคำถามแล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และข้อคิดเห็นของแต่ละคน

2.2 แบบทดสอบแบบกาถูก-ผิด (True - False Test) เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ละตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิดใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น

2.3 แบบทดสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นแบบทดสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้ผู้ตอบเติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง

2.4 แบบทดสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) แบบทดสอบประเภทนี้คล้ายกับแบบทดสอบแบบเติมคำแต่แตกต่างกันตรงที่แบบทดสอบตอบแบบสั้น ๆ โดยเขียนประโยคคำถามที่สมบูรณ์แล้วให้ผู้ตอบเขียนคำตอบที่ต้องการจะตอบจะตอบแบบสั้นและกะทัดรัดได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายเหมือนกับแบบทดสอบความเรียงหรืออัตนัย

2.5 แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นแบบทดสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยใช้คำหรือข้อความแบ่งออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่ง (ตัวยืน) จะจับคู่คำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่ง (ตัวเลือก) ซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

2.6 แบบทดสอบแบบเลือกตอบ (Multiple Choice Test) แบบทดสอบแบบเลือกตอบโดยทั่วไปประกอบไปด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถามกับตัวเลือกในตอนเลือกนี้จะประกอบด้วยตัวเลือกที่ถูกและตัวเลือกที่เป็นตัวลวงปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้นักเรียนพิจารณาแล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดจากตัวลวงอื่น ๆ และคำตอบแบบเลือกตอบที่ดีนิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกันดูเผิน ๆ จะเห็นว่าทุกตัวเลือกถูกหมดแต่ความจริงมีน้ำหนักถูกมากน้อยต่างกัน

ดังนั้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวมานี้ ต้องได้เข้าใจลักษณะหลักในการสร้างข้อสอบและทราบถึงข้อดีและข้อจำกัดของข้อสอบแต่ละชนิด และเนื่องจากข้อสอบแบบเลือกตอบมีรายละเอียดเกี่ยวกับหลักการสร้าง จึงต้องอธิบายเนื้อหาสาระมากเป็นพิเศษ ควรคำนึงถึงหลักการของข้อสอบชนิดนั้นด้วย ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ (Multiple Choice) ซึ่งมีหลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ (สมนึก ภัททิยธนี, 2551) ดังนี้

1. เขียนขั้นนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์แล้วใส่เครื่องหมายปรัศนีไม่ควรสร้างขั้นนำให้เป็นแบบอ่านต่อความ เพราะทำให้คำถามไม่กระชับเกิดปัญหาสองแง่หรือข้อความไม่ปะติปะต่อกันหรือเกิดความสับสนในการคิดหาคำตอบ

2. เน้นเรื่องจะถามให้ชัดเจนและตรงจุดไม่คลุมเครือ เพื่อว่าผู้อ่านจะไม่เข้าใจไขว้เขวสามารถมุ่งความคิดในคำตอบไปถูกทิศทาง

3. ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด หรือถามในสิ่งที่ดีงามมีประโยชน์คำถามแบบเลือกตอบสามารถถามพฤติกรรมในสมองได้หลาย ๆ ด้าน ไม่ใช่คำถามเฉพาะความจำหรือความจริงตามตำราแต่ต้องถามให้คิดหรือนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

4. หลีกเลี่ยงคำปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ แต่คำปฏิเสธซ้อนไม่ควรใช้อย่างยิ่ง เพราะปกติผู้เรียนจะยุ่งยากต่อการแปลความหมายของคำถามและตอบคำถามที่ถามกลับหรือปฏิเสธซ้อนผิดมากกว่าถูก

5. อย่าใช้คำฟุ่มเฟือยควรถามปัญหาโดยตรงสิ่งใดไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ได้ใช้เป็นเงื่อนไขในการคิดก็ไม่ต้องนำมาเขียนไว้ในคำถามจะช่วยให้คำถามนั้นรัดกุมชัดเจนขึ้น

6. เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพันธ์ หมายถึง เขียนตัวเลือกทุกตัวให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่งหรือมีทิศทางแบบเดียวกันหรือมีโครงสร้างสอดคล้องเป็นทำนองเดียวกัน

7. ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกต่าง ๆ ได้แก่ คำตอบที่เป็นตัวเลขนิยมเรียงจากน้อยไปหามาก เพื่อช่วยให้ผู้ตอบพิจารณาคำตอบได้สะดวกไม่หลงและป้องกันการเดาตัวเลือกที่มีค่ามาก

8. ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดให้เหมาะสมตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่าไม่มีคำตอบถูก ที่กล่าวมาผิดหมด ผิดหมดทุกข้อ หรือสรุปแน่นอนไม่ได้ เป็นต้น

9. ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียวแต่บางครั้งผู้ออกข้อสอบคาดไม่ถึงจะมีปัญหาหรืออาจเกิดจากการตั้งตัวลวงไม่รัดกุมจึงมองตัวลวงเหล่านั้นได้อีกแง่หนึ่งทำให้เกิดปัญหาสองแง่สองมุมได้

10. เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชา กล่าวคือ จะกำหนดตัวถูกหรือผิดเพราะสอดคล้องกับความเชื่อโชคลางคำพังเพยหรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอ้างไม่ได้ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนมุ่งให้นักเรียนทราบความจริงตามหลักวิชาการเป็นสำคัญ

11. เขียนตัวเลือกให้อิสระขาดจากกันพยายามอย่าให้ตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งเป็นส่วนหนึ่งหรือเป็นส่วนประกอบของตัวเลือกอื่นต้องให้แต่ละตัวเป็นอิสระจากกันอย่างแท้จริง

12. ควรมีตัวเลือก 4-5 ตัวเลือกแบบทดสอบแบบเลือกตอบนี้ถ้าเขียนตัวเลือกเพียง 2 ตัวเลือกก็กลายเป็นแบบทดสอบแบบถูก-ผิด และเพื่อป้องกันไม่ได้เดาได้ง่าย ๆ จึงควรมีตัวเลือกมาก ๆ ตัวที่นิยมใช้หากเป็นระดับประถมศึกษาปีที่ 1-2 ควรใช้ 3 ตัวเลือก ระดับประถมศึกษาปีที่ 3-6 ควรใช้ 4 ตัวเลือก และตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไปควรใช้ 5 ตัวเลือก

13. อย่าแนะคำตอบ

ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดี

ภัทรา นิคมานนท์ (2538) ได้สรุปว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1. มีความเที่ยงตรง (Validity) เป็นลักษณะที่สำคัญที่สุดที่ทำให้เครื่องมือวัดผลนั้นมีคุณภาพดีเพราะเป็นการแสดงให้เห็นว่าเครื่องมือวัดนั้นสามารถวัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ คือ วัดได้ตรงและครบถ้วนตามเนื้อหาที่ต้องการวัดได้ตรงตามจุดมุ่งหมายวัดได้ตรงตามสภาพความเป็นจริง และวัดแล้วสามารถนำผลการวัดไปพยากรณ์หรือคาดคะเนอนาคตได้

2. มีความเชื่อมั่นสูง (Reliability) เครื่องมือวัดผลที่ดีวัดสิ่งเดียวกันหลาย ๆ ครั้งผลที่ได้จากการวัดจะเหมือนกันหรือแตกต่างกันน้อยมาก

3. มีความเป็นปรนัย (Objectivity) เครื่องมือที่มีความเป็นปรนัยจะมีความชัดเจนในตัวเองอยู่ 3 ประการคือ คำถามชัดเจนอ่านแล้วเข้าใจตรงกัน คำตอบแน่นอน ใครตรวจให้คะแนนตรงกันและประการสุดท้ายคือแปลความหมายของคะแนนได้ตรงกัน

4. มีความยากง่ายพอเหมาะ (Difficulty) ไม่ยากเกินไปและไม่ง่ายเกินไป ข้อสอบข้อใดที่มีคนตอบถูกมากแสดงว่าง่ายข้อใดมีคนตอบถูกน้อยแสดงว่ายาก

5. มีอำนาจจำแนก (Discrimination) หมายถึง สามารถแบ่งแยกคนออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้ถูกต้องข้อสอบที่จำแนกได้คือ ข้อสอบที่คนเก่งตอบถูก คนอ่อนตอบผิด ข้อสอบที่จำแนกกลับ คือ ข้อสอบที่คนเก่งตอบผิด แต่คนอ่อนจะตอบถูกและข้อสอบที่จำแนกไม่ได้คือ ข้อสอบที่คนเก่งและคนอ่อนจะตอบถูกและผิดพอ ๆ กันไม่มีใครมีความแตกต่างกันมากนัก

6. มีประสิทธิภาพ (Efficiency) คือ เครื่องมือที่สามารถทำให้ได้ข้อมูลที่ดีที่สุด เชื่อถือได้มากโดยใช้วิธีการที่สะดวกรวดเร็วคล่องตัวแต่ใช้เวลาน้อย

7. มีความยุติธรรม (Fair) ไม่เปิดโอกาสใหม่การได้เปรียบเสียเปรียบกันระหว่างผู้ที่ถูกวัดด้วยกัน

8. ใช้คำถามลึก (Searching) ข้อสอบที่ดีต้องถามให้ผู้ตอบใช้ความสามารถในการคิดค้นก่อนที่จะตอบ

9. ใช้คำถามยั่วยุ (Exemplary) มีลักษณะที่ท้าทายให้ผู้ตอบ อยากคิด อยากตอบ

10. ใช้คำถามจำเพาะเจาะจง (Definite) ไม่ถามกว้างเกินไปหรือถามคลุมเครือให้คิดได้หลายมุม

จากการศึกษาลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีสามารถสรุปได้ว่า แบบทดสอบที่ดีต้องสามารถวัดผลได้ตรงครบถ้วนตามเนื้อหาที่จะวัดและได้ครอบคลุมทุกจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าความยากง่ายที่เหมาะสม มีค่าความเชื่อมั่นสูง และสามารถจำแนกความสามารถของนักเรียนได้

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (Multiple choice) จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมที่มาปรับปรุงใหม่ (Bloom's Taxonomy, 2001) มีลำดับขั้น 6 ขั้น คือ1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การประเมินค่า และ 6) การคิดสร้างสรรค์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2548) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดนั้น ฝึกให้นักเรียนได้คิดโดยใช้คำถามกระตุ้นการคิด จึงสามารถพัฒนาให้ผู้เรียนเพิ่มพูนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งประเภทพื้นฐานและประเภทบูรณาการเป็นอย่างดีด้วย

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญาที่นักวิทยาศาสตร์และผู้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหา ใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้และแก้ปัญหาต่าง ๆ

ศุภลักษณ์ วัฒนาวิทวัส (2542) ได้ให้ความหมายว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการศึกษาค้นคว้า แก้ปัญหาต่าง ๆ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างคล่องแคล่ว ถูกต้อง ว่องไว

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2553) ได้ให้ความหมาย ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญและความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการคิดซึ่งเป็นทักษะทางปัญญาเพื่อค้นหาความรู้รวมทั้งแก้ปัญหา

ภพ เลหไพบูลย์ (2542) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างเป็นระบบโดยใช้กระบวนการทาง

วิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ฝึกกสังเกต บันทึกข้อมูล การตั้งสมมติฐาน และทำการทดลอง

จากการแนวคิดของนักการศึกษา โดยสรุปว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นความชำนาญและความสามารถ ซึ่งเป็นกระบวนการทางสติปัญญาเป็นพฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนในการแก้ปัญหาต่าง ๆ อย่างมีระบบ โดยใช้ทักษะกระบวนการในการแสวงหาความรู้ต่าง ๆ ได้ข้อเท็จจริงทางเนื้อหาวิชานั้นและใช้ทักษะกระบวนการคิดวิทยาศาสตร์

ความสำคัญของทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นลักษณะที่ใช้อธิบายลักษณะทั่วไปของการคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งทำให้ผู้เรียนเรียนรู้และมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเชื่อมโยงระหว่างประสบการณ์ใหม่และประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ ทักษะเหล่านี้ช่วยให้ผู้เรียนสามารถขยายแนวความคิดจากข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ และเชื่อมโยงข้อมูลเหล่านั้นเพื่ออธิบายโดยภาพรวมของปรากฏการณ์ใด ๆ ได้อย่างมีเหตุผล (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551) จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องได้มีผู้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนั้น จุดมุ่งหมายของการศึกษาควรเน้นการสอนให้ผู้เรียนรู้จักและใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแสวงหาความความรู้ต่าง ๆ เพราะการเรียนวิทยาศาสตร์ไม่ได้มุ่งเฉพาะตัวเนื้อหาความรู้ที่ได้จากการค้นคว้าแล้วเรียบเรียงไว้อย่างมีระเบียบเท่านั้น แต่ยังมีความหมายครอบคลุมไปถึงกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย การสอนวิทยาศาสตร์จึงควรให้ผู้เรียนได้รับทั้งผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ และควรปลูกฝังกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้แก่ผู้เรียนไปด้วย

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และคณะ (2553) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญที่ผู้เรียนควรได้รับการพัฒนา เพราะทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการคิดของผู้เรียนที่จะนำไปสู่การค้นคว้าหาความรู้ และการแก้ปัญหา

กระทรวงศึกษาธิการ(2551) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพราะเป็นกระบวนการที่สามารถนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ต่อไปได้เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการมีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหา

ที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการเรียนรู้การสอนวิทยาศาสตร์ และเป็นการเรียนรู้เพื่อดำรงชีวิตแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ทักษะนี้จะช่วยหล่อหลอมให้เกิดเจตคติที่ดีต่อตนเองและต่อวิทยาศาสตร์ การทำงานช่วยเสริมสร้างประสบการณ์เพิ่มมากขึ้น

ประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การแบ่งประเภทของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) ได้กล่าวสรุปโดยยึดหลักตามแนวสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ (American association for the advancement of science) มีชื่อย่อว่า AAA's ซึ่งได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ประกอบด้วยทักษะขั้นพื้นฐาน (Basic science process skills) 8 ทักษะ และทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (Integrated science process skills) 5 ทักษะ ดังนี้

ทักษะขั้นพื้นฐาน

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะการวัด
3. ทักษะการคำนวณ
4. ทักษะการจำแนกประเภท
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
8. ทักษะการพยากรณ์

ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
12. ทักษะการทดลอง
13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) มีรายละเอียดดังนี้

1. ทักษะการสังเกต (Observation) หมายถึง ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา และผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภท คือ

1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งที่สังเกตเกี่ยวกับรูปร่าง กลิ่น รส เสียง การสัมผัส ซึ่งเป็นลักษณะหรือคุณสมบัติที่ยังไม่สามารถระบุออกมาเป็นตัวเลขแสดงปริมาณพร้อมหน่วยวัดมาตรฐานได้

1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณ เช่น ขนาด มวล อุณหภูมิ เป็นต้น อาจบอกโดยการกะประมาณและบอกหน่วยมาตรฐานไว้

1.3 ข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการปฏิสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น ในการสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์แต่ละครั้งนั้น ผู้สังเกตต้องพยายามสังเกตตาม วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ ควรสังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วนและสังเกตหลาย ๆ ครั้ง ควรใช้ประสาทสัมผัส มากกว่าหนึ่งอย่าง และให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ต้องไม่ใช้ประสบการณ์หรือความคิดเห็นส่วนตัว ในการบรรยายสิ่งที่สังเกตได้ ถ้าเป็นไปได้ควรสังเกตให้ได้ข้อมูลจากการทดลอง เพื่อดูผลการเปลี่ยนแปลงสมบัติของสิ่งที่สังเกต

2. ทักษะการวัด (Measurement) เป็นทักษะสำคัญอย่างหนึ่งในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การสังเกตทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบรูปร่าง ลักษณะ และสมบัติทั่ว ๆ ไปของวัตถุแต่ไม่สามารถบอกรายละเอียดที่แน่นอนลงไปได้ นักวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลถูกต้องควบคู่ไปกับการสังเกต ข้อมูลที่ได้จากการวัดต้องมีหน่วยวัดมาตรฐานกำกับเสมอและการใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการวัดนี้จำเป็นต้องอาศัยทักษะในการวัดเพื่อให้ได้ค่าตัวเลขที่ถูกต้องเหมาะสม

ทักษะในการวัด หมายถึง ความสามารถในการใช้เครื่องมือ วัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้อง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด และความสามารถในการอ่านค่าที่ได้จากการวัดได้ถูกต้อง รวดเร็วที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง พร้อมทั้งมีหน่วยกำกับเสมอ

3. ทักษะการคำนวณ (Using numbers) หมายถึง การนำจำนวนที่ได้จาก การสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่นมาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย ยกกำลัง เป็นต้น

ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการบวก ลบ คูณ หาร หรือจัดกระทำกับตัวเลขที่แสดงค่าปริมาณของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้จากการสังเกต การวัด การทดลองโดยตรง หรือจากแหล่งอื่น ๆ ตัวเลขที่นำมาคำนวณนั้นต้องแสดงค่าปริมาณในหน่วยเดียวกัน ตัวเลขใหม่ที่ได้จากการคำนวณจะช่วยให้สื่อความหมายได้ตรงตามที่ต้องการ และชัดเจนยิ่งขึ้น

4. ทักษะการจำแนกประเภท (Classification) หมายถึง ความสามารถในการจัดจำแนกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์ต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ โดยมีเกณฑ์ในการจัดจำแนก เกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างกัน หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง โดยจัดสิ่งที่มีสมบัติบางประการร่วมกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา สเปซ (Space) ของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างบริเวณที่วัตถุนั้นครอบครองอยู่ ซึ่งจะมีรูปร่างและลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปซของวัตถุจะมี 3 มิติ (Dimensions) ซึ่งได้แก่ ความกว้าง ความยาว ความสูง หรือความหนาของวัตถุ

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา (Space/ space relationship and space/ time relationship) เป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง และเป็นการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลาทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซและสเปซกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างสิ่ง

5.1 ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ

5.2 สิ่งที่อยู่หน้ากระจกเงากับภาพที่ปรากฏในกระจกเงาจะเป็นซ้ายขวาของกันและกันอย่างไร

5.3 ตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

5.4 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา

6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล (Organizing data and communication) หมายถึง ความสามารถในการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ เช่น การจัดเรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจนำเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น จะเห็นได้ว่าการสื่อความหมายข้อมูลทำได้หลายแบบ

การที่จะเลือกใช้แบบใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะข้อมูล วัตถุประสงค์ของงานที่จะศึกษา ทั้งนี้เพื่อความสะดวกและง่ายต่อการตีความหมายข้อมูลและสรุปผลต่อไป

7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Infering) หมายถึง ความสามารถในการอธิบายข้อมูลที่มีอยู่อย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูลที่มีอาจได้มาจากการสังเกต การวัดหรือการทดลอง คำอธิบายนั้นเป็นสิ่งที่ได้จากความรู้หรือประสบการณ์เดิมของผู้สังเกตที่พยายามโยงบางส่วนของความรู้หรือประสบการณ์เดิมให้มาสัมพันธ์กับข้อมูลที่ตนเองมีอยู่ ซึ่งผู้สังเกตแต่ละคนอาจลงความคิดเห็นจากข้อมูลผลการสังเกตสิ่งเดียวกันต่างกัน เพราะมีประสบการณ์และความรู้เดิมต่างกัน ข้อมูลจากการสังเกตชุดหนึ่ง ๆ อาจมีการลงความคิดเห็นหรือมีคำอธิบายได้หลายอย่าง อย่างไรก็ตามการลงความคิดเห็นจะต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นหรือข้อมูลที่สังเกตได้ ส่วนการจะตัดสินว่าการลงความเห็นใดถูกต้องหรือสมเหตุสมผลที่สุดก็จะต้องมีการตรวจสอบหาหลักฐานหรือข้อมูลอื่นมาประกอบ

8. ทักษะการพยากรณ์ (Prediction) หมายถึง ความสามารถในการทำนายหรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยการสังเกตปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หรือความรู้ที่เป็นหลักการกฎหรือทฤษฎีในเรื่องนั้นมาช่วยในการทำนายอาจทำได้ภายในขอบเขตของข้อมูล (Interpolating) และภายนอกขอบเขตข้อมูล (Extrapolating)

การพยากรณ์เป็นการทำนายล่วงหน้า ซึ่งการทำนายนั้นจะถูกต้องหรือไม่ ก็ต้องอาศัยการตรวจสอบโดยการทดลองเพื่อนำผลการทดลองมายืนยัน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมหรือบูรณาการ (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542) มีรายละเอียด ดังนี้

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating hypothesis) หมายถึง ความสามารถในการให้คำอธิบาย ซึ่งเป็นคำตอบล่วงหน้าก่อนที่จะดำเนินการทดลอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเป็นจริงในเรื่องนั้น ๆ ต่อไป

สมมติฐาน เป็นข้อความที่แสดงการคาดคะเน ซึ่งอาจเป็นคำอธิบายของสิ่งที่ไม่สามารถตรวจสอบโดยการสังเกตได้หรืออาจเป็นข้อความที่แสดงความสัมพันธ์ที่คาดคะเนว่าจะเกิดขึ้นระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ข้อความของสมมติฐานนี้สร้างขึ้นโดยอาศัยการสังเกต ความรู้ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน เนื่องจากสมมติฐานยังไม่ได้มีการทดลองยืนยันว่าจริงหรือไม่ จึงอาจ ผิดทั้งหมด ถูกทั้งหมด หรืออาจถูกบ้างผิดบ้างในบางส่วน เมื่อตั้งสมมติฐานแล้วก็จะต้องมีการทดลองหาข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐานนั้น ๆ ถ้าข้อมูลที่ได้มีผลตรงข้ามกับสมมติฐาน สมมติฐานนั้นก็จะถูกยกเลิกไป แต่ถ้าข้อมูลสนับสนุนเพียงบางส่วนสมมติฐานก็จะถูกปรับปรุง

แก้ไขแล้วนำไปทดสอบในการทดลองครั้งต่อ ๆ ไป สมมติฐานที่ได้รับการทดสอบยืนยันว่าเป็นจริงแล้วก็อาจจะกลายเป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎี แล้วแต่กรณี

10. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) หมายถึง ความสามารถในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำ หรือตัวแปรต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน สามารถสังเกตได้และวัดได้

คำนิยามเชิงปฏิบัติการเป็นความหมายของคำศัพท์เฉพาะ เป็นภาษาง่าย ๆ ชัดเจน ไม่กำกวม ระบุสิ่งที่จะสังเกตได้ และระบุการกระทำซึ่งอาจเป็นการวัด ทดสอบ การทดลองไว้ด้วย

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง การควบคุมตัวแปรนั้นเป็นการควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือนกัน

ตัวแปรต้นหรือตัวแปรอิสระ (Independent variable) เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษาหรือเป็นตัวแปรที่ต้องการทดลองดูว่าจะก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม (Dependent variable) เป็นตัวแปรที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นเปลี่ยนไปตัวแปรตามจะเปลี่ยนไปด้วย

ตัวแปรควบคุม (Controlled variable) เป็นตัวแปรอื่น ๆ ที่ยังไม่สนใจศึกษาที่อาจจะมีผลต่อตัวแปรตามในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมให้ห้องที่ไว้ก่อน

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง ความสามารถที่จะบ่งชี้ได้ว่า ตัวแปรใดเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรใดเป็นตัวแปรตาม ตัวแปรใดเป็นตัวแปรควบคุมในการหาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างตัวแปรในสมมติฐานหนึ่ง ๆ หรือในปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ

12. ทักษะการทดลอง การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง

12.3 การบันทึกผลการทดลอง

ทักษะการทดลอง หมายถึง ความสามารถในการดำเนินการตรวจสอบสมมติฐานจากการทดลอง โดยเริ่มตั้งแต่การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ออกแบบไว้ตลอดจนการใช้วัสดุอุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและการบันทึกผลการทดลอง

13. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpretting data and conclusion) หมายถึง การแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ และการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป หมายถึง ความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลที่ได้จัดกระทำ และอยู่ในรูปแบบที่ใช้ในการสื่อความหมายแล้ว ซึ่งอาจอยู่ในรูปตาราง กราฟ แผนภูมิ หรือรูปภาพต่าง ๆ รวมทั้งความสามารถในการบอกความหมายของข้อมูลในเชิงสถิติด้วยและสามารถลงข้อสรุป โดยการนำเอาความหมายของข้อมูลที่ได้ทั้งหมดสรุปให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตัวแปรที่ต้องการศึกษาภายในขอบเขตของการทดลองนั้น ๆ

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2542) กล่าวว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้เป็น 13 ทักษะ ทักษะที่ 1-8 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และทักษะที่ 9-13 เป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงหรือขั้นผสมหรือขั้นบูรณาการ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ มีดังนี้

1. การสังเกต (Observing) หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ เพื่อค้นหาข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตประกอบด้วย ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงที่สังเกตเห็นได้จากวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ประกอบด้วย การชี้บ่งและการบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการกะประมาณ และการบรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. การลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิมมาช่วยความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ คือ การอธิบายหรือสรุป โดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

3. การจำแนกประเภท (Classifying) หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ และเกณฑ์ดังกล่าวอาจใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้แล้ว ได้แก่ การแบ่งพวกของสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้ได้ นอกจากนั้นสามารถเรียงลำดับสิ่งของด้วยเกณฑ์ของตัวเอง พร้อมกับบอกได้ว่าผู้อื่นแบ่งพวกของสิ่งของนั้นโดยใช้อะไรเป็นเกณฑ์

4. การวัด (Measuring) หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือนั้นทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด

แสดงวิธีใช้ เครื่องมืออย่างถูกต้อง พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องมือ รวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

5. การใช้ตัวเลข (Using numbers) หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และการนำตัวเลขที่แสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หาร และการหาค่าเฉลี่ย ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การนับจำนวนสิ่งของได้ถูกต้อง เช่น ใช้ตัวเลขแทนจำนวนในการนับได้ ตัดสินได้ว่าวัตถุในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือแตกต่างกัน เป็นต้น

6. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา (Using space/ time relationships)

6.1 สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ซึ่งมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุจะมี 3 มิติ คือความกว้าง ความยาว ความสูง

6.2 ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ ได้แก่ การชี้บ่งรูป 2 มิติ และ 3 มิติได้ สามารถวาดภาพ 2 มิติ จากวัตถุหรือจากภาพ 3 มิติได้

6.3 ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสคับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาหรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้ คือ บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่ง เปลี่ยนขนาดหรือปริมาณของวัตถุกับเวลาได้

7. การสื่อความหมายข้อมูล (Communicating) หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภทหรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายได้ดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ กราฟ สมการ เขียนบรรยาย เป็นต้น ความสามารถที่แสดงให้เห็นว่าเกิดทักษะนี้แล้วคือการเปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจดีขึ้น เลือกรูปแบบที่ใช้เสนอข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

8. การพยากรณ์ (Predicting) หมายถึง การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดซ้ำหลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้นมาช่วยสรุป เช่น การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตารางหรือกราฟ ซึ่งทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์นอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่

9. การชี้บ่งและการควบคุมตัวแปร (Identifying and controlling variables) หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

9.1 ตัวแปรต้น หมายถึง สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

9.2 ตัวแปรตาม หมายถึง สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะแปรตามไปด้วย

9.3 ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้องที่ หมายถึง สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่จะทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่มีการควบคุมให้เหมือนกัน

10. การตั้งสมมติฐาน (Formulating hypotheses) หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต อาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีมาก่อน สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจถูกหรือผิดก็ได้ ซึ่งทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการตั้งสมมติฐาน คือ การบอกชื่อตัวแปรต้น ซึ่งอาจมีผลต่อตัวแปรตามและในการตั้งสมมติฐานต้องทราบตัวแปรจากปัญหาและสภาพแวดล้อมของตัวแปรนั้น สมมติฐานที่ตั้งขึ้นสามารถบอกให้ทราบถึงการออกแบบการทดลอง ซึ่งต้องทราบว่าตัวแปรไหนเป็นตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่

11. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของตัวแปร (Defining variables operationally) หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตหรือวัดได้โดยให้คำอธิบายเกี่ยวกับการทดลอง บอกวิธีวัดตัวแปรที่เกี่ยวกับการทดลองนั้น

12. การทดลอง (Experimenting) หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการ เพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้ในการทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ขั้น คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดสอบจริง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริงและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่น ๆ ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง การบันทึกผลการทดลองอาจอยู่ในรูปตารางหรือการเขียนกราฟ

13. การตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting data and making conclusion) การตีความหมายข้อมูล หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่และการลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ (2551) การเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์จำเป็นต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปสู่การสืบเสาะค้นหาผ่านการสังเกต ทดลองสร้างแบบจำลอง และวิธีการอื่น ๆ เพื่อนำข้อมูลสารสนเทศและหลักฐานเชิงประจักษ์มาสร้างคำอธิบายเกี่ยวกับแนวคิดหรือองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน จำนวน 8 ทักษะ

1.1 ทักษะการสังเกต (Observing) เป็นความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลาย ๆ อย่างเข้าไปสำรวจวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติหรือจากการทดลองโดยไม่ลงความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย ประสาทสัมผัสทั้ง 5 อย่าง ได้แก่ การดู การฟังเสียง การดมกลิ่น การชิมรส และการสัมผัส

1.2 ทักษะการวัด (Measuring) เป็นความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือในการวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม รวมถึงความสามารถในการหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ จากเครื่องมือที่เลือกใช้ออกมาเป็นตัวเลขได้ถูกต้องและรวดเร็วพร้อมระบุหน่วยของการวัดได้อย่างถูกต้อง

1.3 ทักษะการลงความเห็นจากข้อมูล (Inferring) ความสามารถในการคาดเดาอย่างมีหลักการเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ โดยใช้ข้อมูล (Data) หรือสารสนเทศ (Information) ที่เคยเก็บรวบรวมไว้ในอดีต

1.4 ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying) เป็นความสามารถในการแยกแยะจัดพวกหรือจัดกลุ่มสิ่งต่าง ๆ ที่สนใจ เช่น วัตถุสิ่งมีชีวิต ดาวและเทหวัตถุต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์ที่ต้องการศึกษาออกเป็นหมวดหมู่ นอกจากนี้ยังหมายถึงความสามารถในการเลือก และระบุเกณฑ์หรือลักษณะร่วมลักษณะใดลักษณะหนึ่งของสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องการจำแนก

1.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา (Relationship of Space and Time) สเปซคือพื้นที่ที่วัตถุครอบครองในที่นี้อาจเป็นตำแหน่ง รูปร่าง รูปทรงของวัตถุ สิ่งเหล่านี้อาจมีความสัมพันธ์กัน

1.6 ทักษะการใช้จำนวน (Using Number) เป็นความสามารถในการใช้ความรู้สึกเชิงจำนวน และการคำนวณเพื่อบรรยายหรือระบุรายละเอียดเชิงปริมาณของสิ่งที่สังเกตหรือทดลอง

1.7 ทักษะการจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูล (Organizing and Communicating Data) เป็นความสามารถในการนำผลการสังเกต การวัด การทดลอง จากแหล่งต่าง ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่ายต่อการทำความเข้าใจหรือเห็นแบบรูปของข้อมูล นอกจากนี้ยังรวมถึงความสามารถในการนำข้อมูลมาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิแผนภาพ วงจร กราฟ สมการ การเขียนบรรยาย เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลมากขึ้น

1.8 ทักษะการพยากรณ์ (Predicting) เป็นความสามารถในการบอกผลลัพธ์ของปรากฏการณ์สถานการณ์การสังเกตการทดลองที่ได้จากการสังเกตแบบรูปของหลักฐาน (Pattern of Evidence) การพยากรณ์ที่แม่นยำจึงเป็นผลมาจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้องการบันทึก และการจัดกระทำกับข้อมูลอย่างเหมาะสม

2.ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (Integrated Scientific Process Skills) เป็นทักษะกระบวนการที่ต้องอาศัยการบูรณาการกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses) ความสามารถในการคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบคิดล่วงหน้าที่ยังไม่รู้มาก่อนหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎหรือทฤษฎีมาก่อนการตั้งสมมติฐาน หรือคำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้ามักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตาม ซึ่งอาจเป็นไปตามที่คาดการณ์ไว้หรือไม่ก็ได้

2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining operationally) เป็นความสามารถในการกำหนดความหมาย และขอบเขตของสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในสมมติฐานของการทดลองหรือเกี่ยวข้องกับการทดลองให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้

2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร (Controlling Variables) เป็นความสามารถในการกำหนดตัวแปรต่าง ๆ ทั้งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องการควบคุมให้คงที่ให้สอดคล้องกับสมมติฐานของการทดลองรวมถึงความสามารถในการระบุและควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น แต่อาจส่งผลต่อผลการทดลอง หากไม่ควบคุมให้เหมือนกันหรือเท่ากัน ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ได้แก่ ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ ซึ่งล้วนเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง ดังนี้

ตัวแปรต้น (Independent Variable) สิ่งที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจึงต้องจัดสถานการณ์ให้มีสิ่งนี้แตกต่างกัน

ตัวแปรตาม (Dependent Variable) สิ่งที่เป็นผลจากการจัดสถานการณ์บางอย่างให้แตกต่างกันและเราต้องสังเกต วัด หรือติดตามดู

ตัวแปรที่ต้องควบคุมให้คงที่ (Controlled Variable) สิ่งต่าง ๆ ที่อาจส่งผลต่อการจัดสถานการณ์จึงต้องจัดสิ่งเหล่านี้ให้เหมือนกันหรือเท่ากัน เพื่อให้มั่นใจว่าผลจากการจัดสถานการณ์เกิดจากตัวแปรต้นเท่านั้น

2.4 ทักษะการทดลอง (Experimenting) การทดลองประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ การออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลองและการบันทึกผลการทดลอง ทักษะการทดลองจึงเป็นความสามารถในการออกแบบและวางแผนการทดลองได้อย่างรอบคอบ และสอดคล้องกับ

คำถามการทดลองและสมมติฐาน รวมถึงความสามารถในการดำเนินการทดลองได้ตามแผน และความสามารถในการบันทึกผลการทดลองได้ละเอียด ครบถ้วน และเที่ยงตรง

2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป (Interpreting and Making Conclusion) ความสามารถในการแปลความหมาย หรือการบรรยายลักษณะ และสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ตลอดจนความสามารถในการสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

2.6 ทักษะการสร้างแบบจำลอง (Formulating Models) ความสามารถสร้างและใช้สิ่งที่ทำขึ้นมาเพื่อเลียนแบบหรืออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาหรือสนใจ เช่น กราฟ สมการ แผนภูมิ รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว รวมถึงความสามารถในการนำเสนอข้อมูล แนวคิด ความคิดรวบยอด เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในรูปของแบบจำลองแบบต่าง ๆ

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนผู้วิจัยส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยมุ่งหวังให้ผู้เรียนได้รู้จักใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ ข้างต้นผู้วิจัยเน้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหรือขั้นผสมของผู้เรียน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ จนเกิดเป็นกระบวนการทางปัญญาที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นทักษะกระบวนการขั้นสูงที่มีความซับซ้อนมากขึ้น โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเป็นพื้นฐานในการพัฒนาประกอบไปด้วย 5 ทักษะ ดังต่อไปนี้ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งทักษะเหล่านี้มีความเหมาะสมกับบริบท เนื้อหาสาระ ระดับชั้นของผู้เรียน และวิธีการทางวิทยาศาสตร์

การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

พันธ์ ทองชุมนุม (2547) กล่าวว่า ความสามารถหรือทักษะต่าง ๆ เราสามารถฝึกฝนและพัฒนาเพื่อให้เกิดความชำนาญได้ ดังนั้นการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความชำนาญก็สามารถกระทำได้ดังนี้

1. การพัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐาน

1.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ของผู้เรียนแต่ละคน

1.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการอภิปรายถึงเหตุและผล เพื่อหาคำตอบที่เป็นไปได้แล้วมาตั้งสมมติฐานว่า สำหรับเรื่องดังกล่าวตามข้อมูล และความคิดเห็นของบุคคลในกลุ่มมีความเห็นว่าสมมติฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษาควรจะเป็นอย่างไร

1.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการตรวจสอบข้อมูล มีการยอมรับหรือปฏิเสธข้อมูลที่ตรงกับสมมติฐานและไม่ตรงกับสมมติฐาน

1.4 ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐาน

1.5 ฝึกให้ผู้เรียนตั้งสมมติฐานกับข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ อย่างหลากหลาย และมีผู้เชี่ยวชาญคอยให้คำแนะนำว่า สมมติฐานมีจุดเด่นจุดด้อยอย่างไร หากจะแก้ไขหรือปรับปรุงสมมติฐานดังกล่าวจะต้องทำอย่างไร

2. การพัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

2.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีโอกาสในการกำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในการศึกษาครั้งนั้น

2.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้กำหนดวิธีการปฏิบัติการทดลองที่ชัดเจนและรัดกุมจนสามารถสื่อความหมายในทางปฏิบัติให้ตรงกันได้

3. การพัฒนาทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

3.1 ฝึกให้ผู้เรียนได้พัฒนาการวิเคราะห์ว่า ในการศึกษาครั้งนั้นมีอะไรบ้างที่เป็นสาเหตุและอะไรที่เป็นผลจากสาเหตุดังกล่าวที่เกี่ยวข้องของเหตุและผลมีความสัมพันธ์หรือเกี่ยวข้องกันอย่างไร

3.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการทดลองอย่างเหมาะสม เพื่อฝึกฝนการกำหนดตัวแปรว่า การศึกษาครั้งนั้นมีอะไรบ้างที่เป็นตัวแปร

3.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการกำหนดชนิดของตัวแปร ซึ่งประกอบด้วยตัวแปรอิสระ ตัวแปรตามและตัวแปรควบคุม

4. การพัฒนาทักษะการทดลอง

4.1 ฝึกให้ผู้เรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง เพื่อเป็นการเตรียมการทดลองล่วงหน้าให้มีความเหมาะสม ถูกต้อง และประหยัดค่าใช้จ่าย

4.2 ฝึกให้ผู้เรียนได้ออกแบบการทดลองล่วงหน้า เพื่อให้การทดลองในครั้งนั้นมีความรัดกุม ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่าย มีความถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ

4.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติการทดลองจริงอย่างเหมาะสม มีลำดับขั้นตอนที่มีประสิทธิภาพ

4.4 ฝึกให้ผู้เรียนได้มีการบันทึกข้อมูลอย่างแม่นยำ เที่ยงตรง และมีความซื่อสัตย์ข้อมูลที่บันทึกมีความถูกต้อง น่าเชื่อถือ สามารถตรวจสอบได้

5. การพัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

5.1 ฝึกให้ผู้เรียนแปลความหมายและสรุปเหตุการณ์ที่สามารถอธิบายได้จากประสบการณ์ที่ผู้เรียนมีอยู่

5.2 ฝึกให้ผู้เรียนรู้จักรับหรือปฏิเสธ โดยอาศัยการแปลความหมายจากข้อมูลที่ได้มาจากขั้นตอนต่าง ๆ ก่อนหน้านั้น

5.3 ฝึกให้ผู้เรียนได้แปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่โดยการวัดและการคำนวณ

5.4 ฝึกให้ผู้เรียนหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล ระหว่างตัวแปร รวมไปถึงระบุสาเหตุที่เป็นไปได้ของความสัมพันธ์เหล่านั้น

การวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

พฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มีดังนี้ (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ, 2551)

1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน พฤติกรรมที่แสดงออกเมื่อเกิดทักษะการตั้งสมมติฐาน คือ การหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิม

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนมีทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ กำหนดความหมาย ขอบเขตของคำและตัวแปรต่าง ๆ ในการสังเกตและวัดได้

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร พฤติกรรมที่แสดงออกเมื่อเกิดทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ได้แก่

3.1 ชี้บ่งและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุมได้

3.2 แยกได้ว่าสถานการณ์ไหนที่ทำให้ตัวแปรมีค่าคงที่และสถานการณ์ไหนที่ไม่ทำให้ตัวแปรมีค่าคงที่

3.3 สร้างวิธีทดสอบหาผลที่เกิดจากตัวแปรอิสระหนึ่งหรือหลาย ๆ ตัวแปร

4. ทักษะการทดลอง พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนมีทักษะการทดลอง คือ

4.1 ออกแบบการทดลองโดยกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องโดยคำนึงถึง ตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม และมีการระบุอุปกรณ์ในการทดลองได้

4.2 ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

4.3 บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป พฤติกรรมที่แสดงว่าผู้เรียนมีทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป คือ

5.1 แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ได้

5.2 อธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้

5.3 บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

วรรณทิพา รอดแรงค้า (2544) กล่าวถึงการวัดและการประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 2 รูปแบบ คือ

1. การประเมินโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ (Multiple-choice paper-and-pencil tests)

2. การประเมินพฤติกรรมการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Performance assessment)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) กล่าวถึง การดำเนินการด้านการวัดผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเสนอแนะให้ครูทำการวัดผล 2 แบบ คือ การวัดผลย่อยและการวัดผลรวม ซึ่งในการวัดผลทั้ง 2 แบบนั้นได้กำหนดไว้ว่าจะต้องสร้างข้อสอบที่ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ จุดมุ่งหมายเชิงพฤติกรรมของแต่ละทักษะ โดยผู้ออกข้อสอบจะต้องพิจารณาเลือกใช้คำถามให้ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัดในสัดส่วนที่เหมาะสม รูปแบบของข้อสอบอาจเป็นแบบให้เลือกตอบหรือเป็นแบบให้เขียนตอบอย่างสั้น ๆ

อดุลย์ชาติ ขันธมะ และอังคณา นันท์ธิพาวรรณ (2537) ได้กล่าวถึงวิธีวัดทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. ข้อสอบแบบเขียนตอบ พฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ทางด้านทักษะปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ มีส่วนที่ซ้อนกับพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ทางด้านพุทธิพิสัยค่อนข้างมาก ข้อสอบที่ใช้วัดพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในพุทธิพิสัย จึงสามารถใช้วัดทักษะปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วย

2. การสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ ในการสังเกตพฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการนี้จะต้องกำหนดไว้ล่วงหน้าว่าจะทำการวัดและประเมินทักษะปฏิบัติการในด้านใด แล้วจึงออกแบบกิจกรรมหรือปฏิบัติการให้ผู้เรียนอาจทำเป็นกลุ่มพร้อม ๆ กันหลายคนก็ได้ จากนั้นจึงสร้างรายการสังเกตพฤติกรรมขึ้นเพื่อใช้บันทึกผลการสังเกต การสร้างแบบบันทึกผลการสังเกต พฤติกรรมขณะทำปฏิบัติการ อาจสร้างเป็นแนวกว้าง ๆ หัวข้อหรือรายการสังเกตและประเมินอาจเป็นดังนี้

2.1 ด้านการออกแบบและวางแผน

2.2 ด้านการดำเนินการปฏิบัติการทดลอง เช่น การใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์มีความถูกต้อง คล่องแคล่ว เหมาะสมเพียงใด

2.3 ด้านการสังเกตและบันทึกข้อมูลละเอียดเพียงใด

2.4 ด้านการจัดกระทำและแปลความหมายข้อมูล และการสรุปผลการทดลองทำได้ถูกต้องเหมาะสมชัดเจนเพียงใด

2.5 ด้านความรับผิดชอบและนิสัยในการทำงาน เช่น มีความตั้งใจในการทำปฏิบัติการมากน้อยเพียงใด ได้ทำความสะอาด และจัดเก็บอุปกรณ์ได้เหมาะสมเพียงใด ซึ่งการประเมินพฤติกรรมทั้ง 5 ด้านอาจใช้มาตราส่วนประเมินค่าแบบ 5 ระดับ

2.6 การสอบภาคปฏิบัติ วิธีสอบภาคปฏิบัติวิธีหนึ่งทำได้โดย จัดเครื่องมือ อุปกรณ์ตลอดจนวัสดุสารเคมีที่ต้องใช้วางไว้บนโต๊ะ พร้อมคำสั่ง ปัญหา และคำอธิบายต่าง ๆ แล้วให้ผู้เรียนไปที่โต๊ะนั้นแล้วทำปฏิบัติการตามคำสั่งหรือคำอธิบายนั้น ๆ ปฏิบัติการที่เลือกมาใช้สอบควรที่จะวัดพฤติกรรมที่ต้องการจะวัดได้จริงและผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้โดยใช้เวลาไม่มากนัก

จากการศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับวิธีการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการศึกษาเนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ พบว่าเนื้อหามีความเกี่ยวข้องกับการทำปฏิบัติการทั้งหมด ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์มาใช้เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของผู้เรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก็มีความเหมาะสมสำหรับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาและการที่จะเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการนั้น ผู้เรียนจะต้องใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานเป็นฐานในการพัฒนาด้วย ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้แบบทดสอบที่สร้างขึ้นเองโดยใช้แบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ โดยการวัดจะวัดพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งประกอบด้วย 5 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

เจตคติต่อวิชาเคมี

ความหมายของเจตคติ

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเจตคติในทางสังคมวิทยา และจิตวิทยาสังคมได้มีการกำหนดไว้อย่างกว้างขวาง ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกัน ดังนี้

Gagne (1977) ได้ให้ความหมายว่า เจตคติ เป็นสภาพในของบุคคลที่มีอิทธิพลต่อการเลือกปฏิบัติของแต่ละบุคคล เจตคติไม่ได้กำหนดการปฏิบัติที่เป็นเฉพาะ แต่ทำให้กลุ่มของการปฏิบัติในแต่ละบุคคลมีโอกาสเกิดขึ้นได้มากหรือน้อย เจตคติจึงเป็นแนวโน้มของการตอบสนอง หรือความพร้อมในการตอบสนองของบุคคล

นวลศิลป์ พิทักษ์วาปี (2536) ได้ให้ความหมายว่า เจตคติ เป็นความรู้สึกของบุคคลต่าง ๆ อันเป็นผลมาจากประสบการณ์และปรากฏออกมาทางพฤติกรรม อันเกิดจากความรู้สึก ซึ่งแสดงออกมาทั้งทางบวกและทางลบได้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2540) ได้ให้ความหมายว่า เจตคติ เป็นความรู้สึกของบุคคลต่าง ๆ อันเป็นผลเนื่องมาจากความรู้ประสบการณ์ และเป็นตัวกระตุ้นให้บุคคลแสดงพฤติกรรมต่อสิ่งต่าง ๆ อันอาจเป็นไปในทางสนับสนุนหรือต่อต้านก็ได้

ลักขณา สริวัฒน์ (2544) ได้ให้ความหมายว่า เจตคติ เป็นความรู้สึก ความคิด ความเชื่อหรือท่าทีของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งจะเห็นว่าความรู้สึกเป็นองค์ประกอบทางด้านอารมณ์และความคิดเห็นเป็นองค์ประกอบทางด้านปัญญา ท่าทีเป็นองค์ประกอบทางด้านพฤติกรรม

จากความหมายดังกล่าวสรุปได้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึก ความคิด ความเชื่อหรือความพร้อมของบุคคล ที่มีต่อประสบการณ์หรือสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่บุคคลได้รับ โดยแสดงพฤติกรรมออกมา 2 ลักษณะ คือ ทางบวก หรือเจตคติเชิงบวกจะแสดงในลักษณะของความชอบ ความพึงพอใจ ความสนใจ เห็นด้วย อีกลักษณะหนึ่ง คือ ทางลบ หรือเจตคติเชิงลบ จะแสดงในลักษณะของความเกลียด ไม่พึงพอใจ ไม่สนใจ ไม่เห็นด้วย อาจทำให้บุคคลเกิดความเบื่อหน่าย นอกจากนี้เจตคติอาจแสดงออกในลักษณะความเป็นกลางเช่น รู้สึกเฉย ๆ ไม่รัก ไม่ชอบ ไม่สนใจ ในสิ่งนั้น ๆ

เจตคติต่อวิทยาศาสตร์

พิสิทธิ์พจน์ ไชยานุกูล (2544) ได้กล่าวถึงเจตคติต่อวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความรู้สึกที่มีต่อวิทยาศาสตร์และนักวิทยาศาสตร์ จึงเป็นเจตคติด้านจิตพิสัยที่แสดงถึงความรู้สึกและความเชื่อมั่นของผู้เรียนที่มีต่อวิทยาศาสตร์ทั้งด้านดีและไม่ดี ซึ่งเกี่ยวกับคุณประโยชน์และความสำคัญของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

ฮาลาไดนา และชัจห์เนสซี (Haladyna & Shaughnessy, 1982) ได้ให้ความหมายว่าเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งพอสรุปได้ ดังนี้

1. เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นความเชื่อในความคิดเห็นเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์

2. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกของบุคคลเกี่ยวกับคุณลักษณะของนักวิทยาศาสตร์

3. เจตคติต่อการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกของผู้เรียนที่มีต่อกิจกรรมวิทยาศาสตร์หรือวิธีสอน และความสนใจทางวิทยาศาสตร์

4. เจตคติต่อหลักสูตรวิทยาศาสตร์ เป็นการรับรู้ของผู้เรียนเกี่ยวกับกิจกรรมที่หลากหลายส่วนต่าง ๆ ของหลักสูตรวิทยาศาสตร์

5. เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ เป็นความรู้สึกของผู้เรียนต่อเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

วิชาญ เลิศลพ (2543) ได้ให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นความรู้สึกของนักเรียนที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในเชิงบวกหรือลบ ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดเจตคติที่ประกอบด้วยคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ ซึ่ง แบ่งเป็น 5 ด้านดังนี้

1. ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาวิทยาศาสตร์
2. การเห็นความสำคัญของวิชาวิทยาศาสตร์
3. ความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์
4. ความนิยมชมชอบในวิชาวิทยาศาสตร์
5. การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาวิทยาศาสตร์

จากความหมายของเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึกนึกคิดหรือความคิดเห็นที่มีต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในด้านความพอใจหรือไม่พอใจ ชอบหรือไม่ชอบต่อวิชาวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ข้างต้นในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำมาปรับเป็นเจตคติต่อวิชาเคมี และให้ความหมายของเจตคติต่อวิชาเคมีไว้ว่าเป็นความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาเคมีในด้านความพอใจหรือไม่พอใจ โดยกำหนดองค์ประกอบเจตคติต่อวิชาเคมี 5 ด้าน ดังนี้

1. ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมี หมายถึง ความคิดเห็นและทัศนคติทั่วไปที่มีต่อวิชาเคมี
2. การเห็นความสำคัญของวิชาเคมี หมายถึง การเล็งเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการเรียนวิชาเคมี
3. ความสนใจในวิชาเคมี หมายถึง ความรู้สึกสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนวิชาเคมี
4. ความนิยมชมชอบในวิชาเคมี หมายถึง ความรู้สึกชื่นชอบและชื่นชมต่อวิชาเคมี
5. การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี หมายถึง การแสดงออกและการแสดงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี

องค์ประกอบของเจตคติ

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ (2543) นักจิตวิทยายังไม่สามารถระบุแน่นอนได้ว่าเจตคติมีองค์ประกอบอะไรบ้าง จำนวนเท่าไหร่ เพราะแต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มยังคงพยายามศึกษาค้นคว้าไปเรื่อย ๆ โดยปัจจุบันมีแนวความคิดเห็นแตกต่างกันอยู่ 3 กลุ่ม ดังนี้

1. เจตคติมีองค์ประกอบเดียว ตามความคิดเห็นหรือแนวความเชื่อนี้พิจารณาได้นิยามเจตคตินั้นเอง กลุ่มนี้มองเจตคติเกิดจากการประเมินเป้าของเจตคติว่ารู้สึกชอบไม่ชอบ นักจิตวิทยากลุ่มนี้ ได้แก่ เทอร์สโตน (Thurstone) แอลพอร์ค (Allport) และคนอื่น ๆ อีกหลายคน

2. เจตคติมีสององค์ประกอบ ตามแนวคิดนี้มองเจตคติประกอบด้วยองค์ประกอบด้านสติปัญญา (Cognitive) และความรู้สึก (Affective) นักจิตวิทยาที่สนับสนุนการแบ่งเจตคติ 2 องค์ประกอบ ได้แก่ แคทซ์ (Katz)

3. เจตคติมีสามองค์ประกอบแนวความคิดนี้เชื่อว่าเจตคติมี 3 องค์ประกอบหรือสามส่วน (Three components) ได้แก่

3.1 ด้านสติปัญญา (Cognitive component) หมายถึง ความรู้ ความคิด และความเชื่อที่ผู้นั้นมีต่อเป้าเจตคติ

3.2 ด้านความรู้สึก (Affective) หมายถึง ความรู้สึกหรืออารมณ์ของคนใดคนหนึ่งที่มีต่อเป้าเจตคติว่ารู้สึกชอบหรือไม่ชอบสิ่งนั้น พอใจหรือไม่พอใจ หลังจากการสัมผัสหรือรับรู้เป้าเจตคติแล้วสามารถแสดงความรู้สึกโดยการประเมินสิ่งนั้นว่าดีหรือไม่ดี

3.3 ด้านพฤติกรรม (Behavioral component) หรืออาจเรียกว่า Action component เป็นด้านแนวโน้มของการระทำหรือแนวโน้มที่จะแสดงพฤติกรรม เจตคติพฤติกรรมซ่อนเร้น ในขั้นนี้เป็นการแสดงแนวโน้มของการกระทำต่อเป้าเจตคติเท่านั้น ยังไม่แสดงออกจริง

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2548) กล่าวว่า เจตคติ มีองค์ประกอบที่มีความสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. องค์ประกอบด้านความรู้ความเข้าใจ (Cogenitive component) เป็นองค์ประกอบด้านความรู้ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งเร้านั้น ๆ เพื่อเป็นเหตุผลที่จะสรุปความ และรวมเป็นความเชื่อหรือช่วยในการประเมินสิ่งเร้านั้น ๆ

2. องค์ประกอบด้านความรู้สึกหรืออารมณ์ (Affective component) เป็นองค์ประกอบด้านความรู้สึกหรืออารมณ์ของบุคคลที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเร้าเป็นผลเนื่องมาจากการที่บุคคลประเมินผลสิ่งเร้านั้นพอใจหรือไม่พอใจ ต้องการหรือไม่ต้องการ ดีหรือไม่ดี

3. องค์ประกอบด้านพฤติกรรม (Behavior component) คือความพร้อมหรือความโน้มเอียงที่บุคคลจะประพฤติปฏิบัติหรือตอบสนองต่อสิ่งเร้าในทิศทางที่สนับสนุนหรือต่อต้าน

จากการศึกษาองค์ประกอบของเจตคติข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า การศึกษาองค์ประกอบของเจตคติข้างต้น เป็นองค์ประกอบที่ได้ศึกษามีความสัมพันธ์กัน และมีผลต่อการพัฒนาเจตคติของนักเรียนเป็นอย่างมาก ถ้านักเรียนมีเจตคติที่ดีนั้นจะช่วยให้นักเรียนมีความกระตือรือร้น

และความมุ่งมั่นในการเรียนเห็นความสำคัญ และที่จะได้รับจากการเรียน อีกทั้งยังเกิดการเรียนรู้อย่างมีความสุข

เครื่องมือวัดเจตคติ

ล้วน สายยศและอังคณา สายยศ (2542) กล่าวว่า เจตคติเป็นมโนภาพ (Concept) ที่สามารถวัดได้ยาก โดยเครื่องมือการวัดมีได้หลายรูปแบบแล้วแต่สถานการณ์ที่ต้องการวัด ซึ่งเครื่องมือที่นิยมใช้กันมีอยู่ 5 ชนิด ดังนี้

1. สัมภาษณ์ (Interview) การสัมภาษณ์ หมายถึง การพูดคุยกันอย่างมีจุดมุ่งหมาย ผู้สัมภาษณ์ที่ดีต้องฟังมากกว่าพูด ต้องไม่หูเบา จะยึดตามแนววัตถุประสงค์ที่จะวัด และบันทึกไว้อย่างถูกต้อง การสัมภาษณ์ใช้ปากเป็นเครื่องมือสำคัญได้ผลอย่างไรบันทึกเอาไว้ การวัดเจตคติโดยการสัมภาษณ์จะต้องสร้างข้อคำถามในการสัมภาษณ์ให้ดีเป็นมาตรฐานก่อนข้อคำถามแต่ละข้อจะต้องกระตุ้นยุแหย่ให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตอบความรู้สึกต่อเป้าเจตคติ ที่ผู้ทำการสัมภาษณ์ต้องการได้ ข้อคำถามหรือข้อรายการนั้นต้องเขียนเน้นความรู้สึกที่สามารถวัดเจตคติได้ตรงเป้าหมาย การเตรียมคนและเตรียมเครื่องมือการวัดเป็นสิ่งสำคัญการวางแผนสร้างข้อคำถามจะต้องคิดถึงระยะเวลา ลักษณะของผู้ถูกสัมภาษณ์ด้วยข้อคำถามควรถามคลุมทั้งทางบวกและทางลบ เพื่อจะได้ใช้ประเมินเปรียบเทียบความรู้สึกที่แท้จริง และลักษณะของการสัมภาษณ์ที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

1.1 การสัมภาษณ์ต้องเป็นการยั่วยุหรือกระตุ้นให้ผู้ถูกสัมภาษณ์อยากจะตอบและให้คำตอบที่คงที่พอสมควร คือถามให้ผู้ถูกสัมภาษณ์ตื่นตัวอยู่เสมออย่าปล่อยให้หลงผิด ผู้สัมภาษณ์จะตั้งคำถามให้เป็นที่น่าสนใจแก่ผู้ถูกสัมภาษณ์

1.2 คำถามที่ถามพยายามถามให้ตรงจุดที่สุดหรือเป็นคำถามที่มีความชัดเจนว่าผู้สัมภาษณ์ต้องการให้ตอบในแง่ไหนไม่ควรใช้คำถามกว้างเกินไปจะทำให้สรุปได้ยาก

1.3 คำถามควรมีความเชื่อมั่นสูงแม้จะใช้คำถามเดิม ถามซ้ำอีกก็ได้รับคำตอบเหมือนเดิม

1.4 คำถามที่ใช้สัมภาษณ์ควรจะได้คาตอบที่สามารถนำไปขยายอิงสู่เหตุการณ์ที่คล้ายคลึงกันได้

2. การสังเกต (Observation) การสังเกต คือ การเฝ้ามองดูสิ่งใดสิ่งหนึ่งอย่างมีจุดมุ่งหมาย เครื่องมือสำคัญของการสังเกต คือ ตาและหูนั่นเอง การเฝ้าดูโดยการบันทึกในสมองจะทำให้ลืมเลือนง่าย ข้อรายงานที่จะใช้ในการสังเกตจึงควรเตรียมไว้ให้พร้อม การสังเกตที่ดีจะต้องฝึกเหมือนกัน จึงจะทำหน้าที่ได้ถูกต้องสมบูรณ์ ผู้สังเกตควรจะเป็นที่รับรู้และมีประสาทตาดีมิฉะนั้นแล้วจะทำให้ข้อมูลคลาดเคลื่อน

3. การรายงานตนเอง (Self-report) เครื่องมือแบบนี้ต้องการให้ผู้ถูกสอบแสดงความรู้สึกของตนเองตามสิ่งเร้าที่เขาได้สัมผัสนั่นคือสิ่งเร้าที่เป็นข้อความ ข้อคำถามหรือภาพ เพื่อให้ผู้สอบแสดงความรู้สึกออกมาอย่างตรงไปตรงมานั่นเองแบบทดสอบหรือมาตรวัดที่ถือว่าเป็นแบบมาตรฐาน (Standard form) เป็นแนวการสร้าง ได้แก่ เทอร์สโตน (Thurstone) กัทแมน (Guttman) ลิเคิร์ท (Likert) และออสกู๊ด (Osgood) ซึ่งสร้างแล้วแต่จุดมุ่งหมายของการสร้างหรือการวัดเป็นครั้งคราว

4. เทคนิคการจินตนาการ (Projective Techniques) แบบนี้อาศัยสถานการณ์หลายอย่างไปเร้าผู้สอบ สถานการณ์ที่กำหนดให้จะไม่มีโครงสร้างที่แน่นอนทำให้ผู้สอบจะต้องจินตนาการออกมาตามแต่ประสบการณ์เดิมของตน แต่ละคนจะแสดงออกมาไม่เหมือนกัน เช่น ประเภทให้เติมประโยคให้สมบูรณ์ ภาพนามธรรมเติมเรื่องราวสั้น ๆ เล่านิทานจากภาพ ฯลฯ การ แปลความหมายอาศัยผลจากการตอบสิ่งที่กล่าวมาแล้วก็พอจะรู้ได้ว่าผู้นั้นมีเจตคติอย่างไรต่อเป้าหมายเจตคตินั้น

5. การวัดทางสรีระภาพ (Physiological measurment) การวัดด้านนี้อาศัยเครื่องมือไฟฟ้าหรือเครื่องมืออื่น ๆ ในการสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงสภาพร่างกาย เช่น การใช้เครื่องกัลป์วานอมิเตอร์ เพื่อดูความต้านทานกระแสไฟฟ้าในผิวหนัง เมื่อคนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอารมณ์ ส่วนผสมของสารเคมีต่าง ๆ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากสภาพปกติ เรียกว่ามีกระแสไฟฟ้าไหลสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดได้ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าก็จะสามารถวัดตรวจสอบเปรียบเทียบกับขณะที่ร่างกายอยู่ในสภาพปกติได้เครื่องมือจับเท็จอาศัยหลักการอันนี้การก็จะเชื่อถือได้ขนาดไหนต้องศึกษาให้รอบคอบ อารมณ์ต่าง ๆ อาจศึกษาได้จากการเปลี่ยนแปลงของลูก ตาดำ ปริมาณของฮอร์โมนบางอย่างก็สามารถบอกอารมณ์ความพอใจหรือไม่พอใจของคนได้

ทวิชัย สุดชาฎา (2549) ได้เสนอวิธีการที่จะสามารถวัดเจตคติ สรุปได้ 3 รูปแบบดังต่อไปนี้

1. การสัมภาษณ์หรือการซักถามโดยตรง เป็นวิธีที่ผู้ถามจะสามารถทราบ ความรู้สึกหรือความคิดเห็นของผู้ตอบได้ตรงที่สุด ถ้าผู้ตอบตอบอย่างจริงจังและเปิดเผยซึ่งเป็นไปได้ยาก ดังนั้นการที่จะได้คำตอบที่แสดงออกถึงลักษณะนิสัยจริง ๆ ของบุคคลเป็นเรื่องที่ทำได้ยาก

2. การสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออก เนื่องจากผู้สอนไม่สามารถบอกเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนได้แต่สามารถสังเกตเห็นได้จากพฤติกรรมที่ผู้เรียนแสดงออกมาขณะที่เรียน ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่บ่งบอกว่าผู้เรียนมีคุณลักษณะของผู้มีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์มากหรือน้อย แม้ว่าการวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยการสังเกตพฤติกรรมที่แสดงออกจะได้ผลค่อนข้างตรงพอสมควร แต่ก็ไม่สะดวกเนื่องจากต้องใช้เวลามากและอาจมีอคติของผู้สังเกตเข้ามาเกี่ยวข้องได้ผลที่คลาดเคลื่อน

3. โดยการวัดในรูปข้อเขียน การวัดเจตคติในรูปแบบนี้ทำโดยการสร้างข้อความขึ้นมาแล้วให้ผู้ตอบพิจารณาว่า เห็นด้วยหรือไม่ ระดับใด เครื่องมือวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์แบบข้อเขียนที่นิยมสร้างกัน มักเป็นแบบของ Likert และแบบของ Thurstone การวัดเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์โดยวัดในรูปข้อเขียนนี้ เป็นที่นิยมมากที่สุดเพราะวัดได้สะดวกและประหยัดเวลา

จากการศึกษาการวัดเจตคติ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า สามารถวัดได้หลายรูปแบบโดยผ่านสถานการณ์ ได้แก่ การสัมภาษณ์ การสังเกต การรายงานตนเอง เทคนิคการจินตนาการ การวัดทางสรีระภาพ เป็นต้น โดยผู้วิจัยได้เลือกใช้การวัดเจตคติต่อวิชาเคมีเป็นการรายงานตนเองเพื่อให้นักเรียนได้แสดงความรู้สึกหรือความคิดเห็นออกมา ซึ่งวัดได้จากแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีที่ประกอบด้วยข้อคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

วิธีการวัดเจตคติ

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์ (2542) ได้เสนอแนวคิดเกี่ยวกับการวัดเจตคติไว้ดังนี้

1. การศึกษาเจตคติ เป็นการศึกษาความคิดเห็น ความรู้สึกของบุคคลที่มีลักษณะคงเส้นคงวาหรืออย่างน้อยเป็นความคิดเห็นหรือความรู้สึกที่จะไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นเนื้อหาหรือสิ่งเร้าให้แสดงกิริยาท่าที่ออกมาต้องมีโครงสร้างแน่นอน

2. เจตคติเป็นสิ่งที่ไม่สามารถวัดหรือสังเกตได้โดยตรง ฉะนั้นการวัดเจตคติจึงเป็นการวัดทางอ้อมจากแนวโน้มที่บุคคลจะแสดงออกหรือประพฤติอย่างมีระเบียบแบบแผนคงที่ไม่ใช่พฤติกรรมโดยตรงของมนุษย์

3. การศึกษาเจตคติของบุคคลเหล่านั้น ไม่ใช่เป็นการศึกษาแต่เฉพาะทิศทางเจตคติของบุคคลเหล่านั้นแต่ต้องศึกษาถึงระดับความมากน้อยหรือความเข้มของเจตคตินั้นด้วย โดยทั่วไปกำหนดให้เจตคติมีทิศทางเป็นเส้นตรงและต่อเนื่องกัน การวัดเจตคติสามารถทำได้หลายวิธี คือ บางวิธีเน้นความเป็นมิติเดียวกันมากกว่าวิธีอื่น ๆ บางวิธีเน้นทางด้านการกำหนดช่วงคะแนนเท่ากัน บางวิธีเน้นความสามารถในการสร้างทฤษฎีใหม่ได้ ซึ่งแต่ละวิธีมีทั้งข้อดีและข้อเสียแต่ที่นิยมกันได้แก่ การวัดของลิเคิร์ท (Likert) เพราะมาตรการวัดเจตคติแบบลิเคิร์ท (Likert scale) สามารถวัดโดยใช้ข้อความเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งสอบถามความคิดเห็นของบุคคลที่มีต่อเรื่องนั้นแล้วให้บุคคลนั้นแสดงความรู้สึกต่อข้อความดังกล่าวมีวิธีการสร้างข้อความ โดยเขียนข้อความเกี่ยวกับคุณลักษณะของเรื่องที่จะสอบถามให้ครอบคลุมลักษณะที่สำคัญให้ครบถ้วนทุกแง่มุม โดยให้มีข้อความที่แสดงคุณค่าทั้งทางด้านบวกและในแต่ละข้อความที่เห็นด้วยและไม่เห็นด้วย แบ่ง ออกเป็น 5 ระดับ คือ

1. เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Strongly agree)

2. เห็นด้วย (Agree)

3. ไม่แน่ใจ (Uncertain)

4. ไม่เห็นด้วย (Disagree)

5. ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง (Unstrongly agree)

ให้ผู้ตอบอ่านข้อความที่กำหนดขึ้นในแต่ละข้อแล้วแสดงความรู้สึกว่าเห็นด้วยหรือไม่เห็นด้วยกับข้อนั้นมากน้อยเพียงใดในการให้น้ำหนักคะแนนเพื่อแทนระดับเจตคติตามวิธีการของลิเคิร์ท สามารถให้ได้ 3 วิธี คือ วิธีใช้หลักคะแนนมาตรฐาน วิธีกำหนดค่าน้ำหนัก และวิธีหาการผลรวมน้ำหนัก ความเบี่ยงเบนทั้งสามวิธีจะได้น้ำหนักของความเห็นส่วนบุคคลได้สอดคล้องสัมพันธ์กันในเชิงปฏิบัตินิยมกำหนดค่าน้ำหนักเป็นค่าประจำระดับของแต่ละระดับความเห็น คือ กำหนด 5-4-3-2-1 หรือแบบ 4-3-2-1-0 แต่ถ้าข้อความใดกล่าวลบ การให้น้ำหนักความเห็นของข้อความนั้นจะกลับ เป็น 1-2-3-4-5 หรือ 0-1-2-3-4 เมื่อแต่ละระดับความเห็นของแต่ละข้อความวัดเจตคติมีค่าประจำตายตัว การที่จะหาว่าบุคคลใดมีเจตคติอย่างไร ก็ใช้วิธีรวมน้ำหนักหรือคะแนนจากการตอบทุกข้อความของแต่ละคน ถ้าน้ำหนักรวมจากการตอบข้อความทั้งหมดมีค่าสูง แสดงว่าระดับเจตคติของบุคคลนั้นต่อสิ่งนั้นเป็นไปในลักษณะพอใจหรือคล้อยตาม แต่ถ้าได้คะแนนหรือน้ำหนักรวมต่ำ แสดงว่าบุคคลนั้นมีเจตคติที่ไม่ดีต่อสิ่งนั้นหรือมีความรู้สึกไม่พอใจหรือต่อต้าน

แบบวัดเจตคติ

Oskamp (1977 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) กล่าวถึงวิธีการศึกษาเจตคติทำได้หลายวิธี ดังนี้

1. ศึกษาโดยวิธีการพรรณนา (Description) สามารถศึกษาเป็นกลุ่มเดี่ยว ๆ หรือกลุ่มที่น่าสนใจ เช่น เด็กหนีเรียน เด็กปัญญาอ่อน เป็นต้น การศึกษาแบบนี้ใช้วิธีการสังเกตและสัมภาษณ์แล้วอธิบายข้อเท็จจริงที่ได้พบเห็น

2. ศึกษาโดยวิธีการวัด (Measurement) วิธีการวัดถือเป็นแบบมาตรฐาน คือ วิธีของเทอร์สโตน ลิเคอร์ท กัตแมน และออสกูด

3. ศึกษาโดยวิธีโหวตเสียง (Polls) การศึกษาแบบนี้โดยมากเพื่อแสวงหาความคิดเห็นของประชาชน แต่ขณะเดียวกันก็สามารถศึกษาเจตคติในกลุ่มใหญ่ได้

4. ศึกษาโดยวิธีการทางทฤษฎี (Theories) เป็นการศึกษาโดยนักทฤษฎี และต้องแสดงให้เห็นความถูกต้องผ่านการทดลอง

5. ศึกษาโดยวิธีการทดลอง การทดลองเป็นการจัดกระทำสถานการณ์หนึ่ง โดยทั่วไป

จะมีตัวแปรควบคุมให้มีสภาพเหมือนเดิมกับตัวแปรทดลองที่จัดกระทำอะไรบางประการแล้วนำมาเปรียบเทียบกันดูว่าจะมีผลอะไรเกิดขึ้นจากตัวแปรทดลองหรือไม่ นักทดลองทางเจตคติเน้นการค้นคว้าองค์ประกอบที่สามารถทำให้เจตคติเปลี่ยนแปลง และทดสอบสมมติฐานของนักทฤษฎีทางเจตคติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสอบวัดหลายวิธี เนื้อหาที่ทำการทดลองมักจะเน้นความสำคัญของเจตคติต่อสังคม

จากการศึกษาเจตคติต่อวิชาเคมี ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ว่า เจตคติ หมายถึง ความรู้สึกหรือความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อวิชาเคมี ในด้านความพอใจหรือไม่พอใจ สามารถวัดได้จากแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี ซึ่งเป็นข้อคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประเมินค่า (Rating scale) 5 ระดับ ประกอบด้วยองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาเคมี 5 ด้านดังนี้ 1) ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมี หมายถึง ความคิดเห็นและทัศนคติทั่วไปที่มีต่อวิชาเคมี 2) การเห็นความสำคัญของวิชาเคมี หมายถึง การเล็งเห็นความสำคัญและประโยชน์ของการเรียนวิชาเคมี 3) ความสนใจในวิชาเคมี หมายถึง ความรู้สึกสนใจและมีความกระตือรือร้นในการเรียนวิชาเคมี 4) ความนิยมชมชอบในวิชาเคมี หมายถึง ความรู้สึกชื่นชอบและชื่นชมต่อวิชาเคมี 5) การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี หมายถึง การแสดงออกและการแสดงการมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ผู้วิจัยได้ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่เน้นกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นศาสตร์เนื้อหาความรู้และการลงมือปฏิบัติ สำหรับการสร้างสรรค์ชิ้นงานซึ่งเป็นส่วนหนึ่งและเกี่ยวข้องกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

อาทิตยา คำมามุง (2560) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 63 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในจังหวัดปทุมธานี ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี มีความกระตือรือร้นในการเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรม และเทคโนโลยี ผ่านปฏิบัติการเคมีและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการคิดอย่างมีวิจารณญาณหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อาทิตย์ ฉิมกุล (2559) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 42 คน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โดยการนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Captaro et al. ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเท่ากับ 76.35 และ 75.65 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 และนักเรียนที่เรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เกรียงศักดิ์ วิเชียร(2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียน คุระบุรีชัย พัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 14 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนรวม 30 คน นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร จำนวน 2 ห้องเรียน 100 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 7 แผน 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 3) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และ 4) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนเคมี สถิติพื้นฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน คือ Hotelling's T^2 ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) นักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการ

เรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

นิตยา ภูผาบาง (2559) การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียน และเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนระหว่างกิจกรรมที่ 1 (คาบเรียนที่ 1-4) และกิจกรรมที่ 2 (คาบเรียนที่ 5-6) โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลัง โดยการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนชลกันยานุกูล ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 52 คน ผลการวิจัยพบว่ากิจกรรม เรื่อง พลาสติก ชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังที่สร้างขึ้นมีความสอดคล้องตามแนวทางสะเต็มศึกษา และส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการผ่านการทำกิจกรรม และนักเรียนที่เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังในกิจกรรมที่ 2 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่ากิจกรรมที่ 1

จุรี ทวีธนวาณิชย์ (2561) ได้เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ร่วมกับกระบวนการเรียนรู้บันได 5 ขั้น (5 STEPs) เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ร่วมกับกระบวนการเรียนรู้บันได 5 ขั้น (5 STEPs) มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Chonkaew, et al. (2016) ได้พัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้สะเต็มศึกษาในการศึกษา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ พบว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษาบนพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ปัญหาเป็นฐานนั้นช่วยในสร้างเครื่องมือหรือสิ่งที่มีประโยชน์ที่เกิดขึ้นในการพัฒนาความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของทฤษฎีและสามารถบูรณาการความรู้จากสาขาต่าง ๆ ในการแก้ปัญหาและสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการจัดการกับสิ่งที่ต้องเจอเพื่อรับมือกับสถานการณ์ที่ท้าทาย และได้พัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง

Cox et al. (2016) ได้ทำวิจัย เรื่อง การนำคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษา เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นถึงตอนปลาย อายุ 14-18 ปี โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่เน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาในการแก้ปัญหาในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบปกติ ผลวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Dowey (2013) ได้ศึกษาเจตคติ ความสนใจ และการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิงโรงเรียนมัธยมศึกษาที่เป็นชนกลุ่มน้อยในประเทศสหรัฐอเมริกา ศึกษา เฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ และเรียนในหลักสูตรสะเต็ม (STEM Disciplines) โดยมีจุดประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความแตกต่างทางเชื้อชาติและความสามารถทางวิชาการที่มีต่อเจตคติ และความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์ 2) เพื่อศึกษาปัจจัยภายนอก (พื้นฐาน ครอบครัว, โรงเรียน, เพื่อน และชุมชน) และปัจจัยภายในที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ และทำการวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสำรวจที่สร้างตามวิธีของ Likert ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชนกลุ่มน้อยที่มีเจตคติ และความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ตามมาด้วยชาวลาตินอเมริกัน และยังชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการให้กำลังใจและสนับสนุนส่งเสริมจากครอบครัวจะมีการรับรู้ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ดีด้วย

Diana (2012) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยใช้นักเรียนเกรด 3-8 เป็นกรณีศึกษาให้ทำโครงงานในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรม เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความพื้นฐานให้จินตนาการ และศึกษาค้นคว้าสำรวจตรวจสอบ สร้างสรรค์ ออกแบบโมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนความคิดการออกแบบของตัวเองให้เพื่อน ๆ ได้รู้ จากผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEM ในการให้นักเรียนได้ทำโครงงานส่งผลทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ และทักษะสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้าและประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในภายภาคหน้าได้ เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นด้วย

Scott (2012) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมในสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา ในการพยายามเพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียนสำหรับเข้าทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในหลาย ๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผนและดำเนินการนำไปใช้แล้วแต่อีกหลาย ๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผนอยู่เลย จากการศึกษาชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม และนักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้ยังให้บอกอีกว่าหากพวกเขาได้รับโอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิตและฝึกงานจริงหรือให้รับผิดชอบทำโครงงานขึ้นมาสักชิ้น เพื่อใช้ขอสำเร็จการศึกษาพวกเขาก็สามารถสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานได้อย่างแน่นอน

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถช่วยพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความเข้าใจมโนทัศน์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติทางการเรียนให้สูงขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) สามารถพัฒนาให้ผู้เรียนมีความสามารถทางกระบวนการทางวิศวกรรม ส่งผลให้ผู้เรียนมีความสามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะคณิตศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยนำความรู้ทางด้านทฤษฎีมาลงมือปฏิบัติสร้างสรรค์ชิ้นงาน และส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างนวัตกรรมโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์มาแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อในการนำเสนอ ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 80 คน ซึ่งมีการจัดห้องเรียนแบบคละความสามารถ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนดาราสมุทร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 40 คน ได้มาโดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) โดยกลุ่มตัวอย่างได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีการเก็บข้อมูลก่อนและหลังการทดลอง โดยผู้วิจัย

ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 3-1 แบบแผนการทดลองแบบ One Group Pretest-Posttest Design

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
E	T_1	X	T_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E แทน กลุ่มทดลอง

X แทน การดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน (การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี)

T_1 แทน การสอบก่อนเรียน (Pretest)

T_2 แทน การสอบหลังเรียน(Posttest)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ 1) เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 2) เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี โดยเครื่องมือแต่ละประเภทมีขั้นตอนในการสร้าง และการหาคุณภาพ ดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551

1.2 ศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.3 ร่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์การเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และผนวกกิจกรรมที่จัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง จำนวน 1 แผนการเรียนรู้ รวมทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลาทดสอบก่อนเรียน 2 ชั่วโมง และเวลาทดสอบหลังเรียน 2 ชั่วโมง

ตารางที่ 3-2 การวิเคราะห์แผนการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ และจุดประสงค์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
1.เขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา 2.คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาและเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	- ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัด ต่อหนึ่งหน่วยเวลาและหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ในปฏิกิริยาของสารนั้น ๆ ในสมการเคมี เพื่อให้ได้อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์	1.บอกความหมายและคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณของสาร 2. ทำการทดลอง เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลา และแปลความหมายจากกราฟ 3. บอกความหมายและคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 4. เขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	2
3. เขียนแผนและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตรา	- ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตรา สารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและมีการเกิดปฏิกิริยาเคมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยา	5.อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีการชนและทฤษฎีสถานะแทรนซิชัน	2

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
	จึงขึ้นกับทิศทางการชนและพลังงานที่เกิดจากการชน		
4. อธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่ง ปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 5. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา	- อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่ของสารตั้งต้น กับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย	6. อธิบายผลของความเข้มข้นของสารพื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 7. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	2
6. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	- ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน ปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการหรืออุตสาหกรรมที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	8. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 9. ระบุปัญหาจาก สถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา 10. โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 11. ใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ในการ	8

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
		สร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 12. ระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	
รวม			**14**

ตารางที่ 3-3 การวิเคราะห์แผนการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ สถานการณ์ และความรู้และทักษะที่ใช้ในแนวคิดสะเต็มศึกษา

แผนที่	สาระการเรียนรู้	สถานการณ์	ความรู้/ทักษะที่ต้องใช้ในการสร้างชิ้นงาน
1	- การเกิดปฏิกิริยาเคมี - ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี - ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี - พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	บริษัทผลิตของเล่นแห่งหนึ่งได้มีแนวคิดที่จะหาทางสร้างเรือพลังงานของเล่น และทางบริษัทต้องการสร้างเรือพลังงานของเล่นที่ไม่ใช้แบตเตอรี่ เพื่อนำเสนองานกับลูกค้า จึงได้ทำการคัดเลือกวิศวกรมาออกแบบและสร้างเรือของเล่นพลังงาน โดยใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่มีอยู่ในบ้าน ภายใต้ เรือพลังงานโดยใช้ โฟม แผ่นพลาสติกแข็งหรือ	**วิทยาศาสตร์ (S)** 1. ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน 2. การวัดปริมาณสารตั้งต้นลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นอาจทำได้หลายวิธี 3. ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

แผนที่	สาระการเรียนรู้	สถานการณ์	ความรู้/ทักษะที่ต้องใช้ในการสร้างชิ้นงาน
	- ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	วัสดุอุปกรณ์ที่นักสนใจในการออกแบบเรือด้วยรูปทรงทางเรขาคณิต หากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรของบริษัทจะออกแบบและสร้างเรือพลังงานอย่างไร พร้อมทั้งนำเสนอหลักการสร้างเรือพลังงาน โดยสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวจะต้องใช้วัสดุอุปกรณ์รูปแบบ และงบประมาณที่กำหนด โดยเรือพลังงานเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดในระยะทาง 1 เมตร	4. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 5. พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา 6. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี **เทคโนโลยี (T)** 1. การใช้เทคโนโลยีสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง 2. การใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองการเกิดปฏิกิริยา เพื่อนำไปสู่การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา 3. การใช้เทคโนโลยีสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง 4. การใช้เทคโนโลยีช่วยในการออกแบบผลงานและการนำเสนอผลงาน **วิศวกรรมศาสตร์ (E)** 1. ออกแบบและนำเสนอวิธีการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด

ตารางที่ 3-3 (ต่อ)

แผนที่	สาระการเรียนรู้	สถานการณ์	ความรู้/ทักษะที่ต้องใช้ในการสร้างชิ้นงาน
			2. ร่างผลงานในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแบบร่างผลงานต้นแบบที่มีความ เป็นไปได้มากที่สุด และตรวจสอบผลลัพธ์ในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด 3. ประดิษฐ์ผลงานตามแบบร่างผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีอยู่และเงื่อนไขต่าง ๆ
			คณิตศาสตร์ (M) 1. รูปทรงทางเรขาคณิต 2. วัดระยะทาง 3. การคำนวณงบประมาณในการสร้างผลงานให้คุ้มทุน

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 1 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1.4.1 ผลการเรียนรู้

1.4.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.4.3 สาระการเรียนรู้

1.4.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1.4.5 ความคิดรวบยอด

1.4.6 กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.4.7 สื่อการสอน

1.4.8 แหล่งการเรียนรู้

1.4.9 วิธีการวัดผลและประเมินผล

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผนความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ และเวลาเรียนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ในการประเมิน เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยดังนี้ ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตร และด้านการเรียนการสอนวิชาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้านเนื้อหาเคมี และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสม องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ ความคิดรวบยอด กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการสอน แหล่งการเรียนรู้ วิธีการวัดผล การออกแบบวิธีการ และเครื่องมือประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมิน ดังนี้

การประเมินความเหมาะสมใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบประเมิน โดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนน ดังนี้

คะแนน 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

คะแนน 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

คะแนน 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

คะแนน 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

คะแนน 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50-5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50-4.49 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50-3.49 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50-2.49 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.49 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม โดยเทียบเคียงกับเกณฑ์การหาคุณภาพเครื่องมือของ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) จึงจะถือว่ามีความเหมาะสม โดยแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับการวิจัยในภาพรวม 1 แผน มีความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าเท่ากับ 4.57 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.57 แสดงว่า แผนการจัดการเรียนรู้มีค่าความเหมาะสมมากที่สุด (ภาคผนวก ข หน้า 141-142)

1.7 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ โดยปรับการใช้ภาษาในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้มีความชัดเจนมากขึ้น ปรับสถานการณ์ให้มีความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาทางเคมีมากขึ้น ปรับข้อคำถามให้ชัดเจนมากขึ้น และปรับจุดประสงค์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้ (Try-out) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างโดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ ความถูกต้องความเหมาะสมและบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ โดยพบปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหา ดังนี้ 1) นักเรียนเกิดความสับสนในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ทำให้เกิดความเข้าใจผิดในระหว่างทำกิจกรรม ดังนั้นในการจัดการเรียนรู้ครั้งถัดไปผู้สอนควรชี้แจงขั้นตอนการทำกิจกรรมให้ละเอียด และบทบาทหน้าที่ของนักเรียนเพื่อให้นักเรียนไม่เกิดความสับสนหรือเกิดปัญหาในระหว่างทำกิจกรรม 2) ขั้นการออกแบบซึ่งเป็นขั้นที่นักเรียนใช้เวลาในการศึกษาค่อนข้างมาก และวางแผนทำให้เกินเวลาที่ครูกำหนด ดังนั้น ผู้สอนควรยืดหยุ่นเวลาให้เหมาะสมกับนักเรียน โดยกระชับเนื้อหาในขั้นอื่นให้มีความรวบรัดมากขึ้น แล้วนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนดาราสมุทร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 คู่มือแนวทางการวัดและประเมินผล เอกสารเกี่ยวกับการวัด และประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ แผนการจัดการเรียนรู้เนื้อหาและผลการเรียนรู้ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.2 ศึกษาทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (Multiple choice)

1.3 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ โดยพิจารณาจากสาระการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยวัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมที่มาปรับปรุงใหม่ (Bloom's Taxonomy 2001) มีลำดับขั้น 6 ขั้น ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การประยุกต์ใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่า และการคิดสร้างสรรค์

1.4 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (Multiple choice) จำนวน 60 ข้อ ต้องการใช้จริง 30 ข้อ ให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้ให้มีสัดส่วนจำนวนข้อในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ตรงตามตารางวิเคราะห์ โดยให้ 1 คะแนนเมื่อตอบถูก และให้ 0 คะแนนเมื่อตอบผิด

1.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้กับพฤติกรรมที่ต้องการวัดของข้อคำถามในแต่ละข้อรวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและด้านการเรียนการสอนวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้านเนื้อหาเคมี และด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจข้อคำถามตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่ตรงกับจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด

ตารางที่ 3-4 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัด

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)							
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	คิดสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
1.บอกความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้	2 (1)	3 (1)	2 (1)	-	-	-	7	3
2.ทำการทดลองเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลาและแปลความหมายจากกราฟ	-	-	-	2 (1)	-	-	2	1
3.อธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์และทฤษฎีการชน	2 (1)	2 (1)	-	-	2 (1)		6	3
4. แปลความหมายจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาและระบุได้ว่าเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดพลังงานหรือคายพลังงานได้	-	-	2 (1)	4 (2)	-	2 (2)	8	5

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)							
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	คิดสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
5. คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง และอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่งของเวลาได้	-	-	2 (1)	2 (1)	-	-	4	2
6. อธิบายธรรมชาติของสารตั้งต้น ความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี และตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	4 (2)	4 (2)	2 (1)	2 (1)	2 (1)	-	14	7
7. อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมได้	-	-	2 (1)	2 (1)	-	-	4	2

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)							
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	คิดสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
8. สามารถรวบรวมข้อมูล จัดกระทำและนำเสนอ ข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับ การเกิดปฏิกิริยาเคมี	-	-	-	-	-	-	-	-
9. สามารถระบุปัญหาจาก สถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี และออกแบบวิธีการหรือ สิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม	-	-	-	-	-	-	-	-
10. ใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ปัญหาจาก สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ การเกิดปฏิกิริยาเคมี	-	-	-	-	-	-	-	-
11. นักเรียนสามารถ ออกแบบ เลือกใช้วัสดุได้ อย่างเหมาะสมและนำเสนอ ชิ้นงานที่สร้างขึ้นได้	-	-	-	-	-	-	-	-
12. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4 (2)	4 (2)	1	2 (1)	-	-	11	5

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)							
	ความรู้ความจำ	ความเข้าใจ	การประยุกต์ใช้	วิเคราะห์	ประเมินค่า	คิดสร้างสรรค์	รวม	ต้องการจริง
13. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาและอธิบายการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวข้องกับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี	-	-	-	2 (1)	2 (1)	-	4	2
รวม	**12 (6)**	**13 (6)**	**11 (5)**	**16 (8)**	**6 (3)**	**2 (2)**	**60**	**30**

หมายเหตุ ตัวเลขที่อยู่ใน () หมายถึง จำนวนข้อสอบที่ต้องการจริง
ตัวเลขที่ไม่ได้อยู่ใน () หมายถึง จำนวนข้อสอบทั้งหมดที่ออก

1.7 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ พิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้อง โดยแบบทดแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการวิจัยครั้งนี้มีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่าง 0.60 - 1.00 แสดงว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ต้องการวัด (ภาคผนวก ข หน้า 143-146)

1.8 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนดาราสมุทร ที่ผ่านการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มาแล้ว จำนวน 30 คน

1.9 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมาตรวจสอบให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อ เพื่อหาค่าความยากง่าย *(P)* และค่าอานาจจำแนก *(r)* โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยาก

ง่าย *(P)* ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอานาจจำแนก *(r)* ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 30 ข้อ โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนและโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด ซึ่งแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากระหว่าง 0.33 - 0.78 ซึ่งงเป็นความยากตามเกณฑ์ และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.25 - 0.70 (ภาคผนวก ข หน้า 147-148) แสดงถึงคุณภาพของข้อสอบสามารถจำแนกนักเรียนที่เก่งและอ่อนได้

1.10 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับแบบอิงเกณฑ์ตามวิธีของโลเวทท์ (Lovett, s method) (ไพศาล วรคำ, 2555) โดยที่ค่าความเชื่อมั่นแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสำหรับการวิจัยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.89 (ภาคผนวก ข หน้า 148)

1.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 30 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลต่อไป

2. แบบวัดทักษะการกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

2.1 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2.2 กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยทำการวิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และจำนวนข้อสอบในแบบทดสอบ ซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการประกอบด้วย 5 ทักษะ ดังนี้ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้องสรุป

2.3 สร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก (Multiple choice) โดยสร้างแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะแต่ละทักษะมีคำถามจำนวน 8 ข้อรวมทั้งหมด 40 ข้อ ต้องการใช้จริง 20 ข้อ โดยให้ 1 คะแนนเมื่อตอบถูก และให้ 0 คะแนนเมื่อตอบผิด

2.4 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการรวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้แล้วนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

ตารางที่ 3-5 วิเคราะห์องค์ประกอบของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และจำนวนข้อสอบแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

องค์ประกอบของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	**จำนวนข้อสอบที่จะออก (ข้อ)**	**จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง (ข้อ)**
1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	8	4
2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	8	4
3.ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร	8	4
4. ทักษะการทดลอง	8	4
5.ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	8	4
รวม	**40**	**20**

2.5 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอนด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านเนื้อหาเคมีและด้านการวัดและประเมินผล เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง (*IOC*) ของข้อคำถามกับลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

2.6 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแล้วพิจารณาเลือกแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ขึ้นไป ถือว่าใช้ได้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559) ซึ่งถือว่าเป็นแบบวัดที่มีความสอดคล้องและเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ซึ่งแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 สามารถนำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการไปใช้ได้ (ภาคผนวก ข หน้า 149-151)

2.7 ดำเนินการปรับปรุงแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับการใช้คำถามให้มีความชัดเจน และสอดคล้องกับองค์ประกอบและพฤติกรรมที่ต้องการวัดมากขึ้น นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนดาราสมุทร ที่ผ่านการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มาแล้ว จำนวน 40 คน

2.8 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมาตรวจสอบให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อ เพื่อหาค่าความยากง่าย (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) แล้วคัดเลือกแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่มีค่าความยากง่าย (*P*) ตั้งแต่ 0.20 - 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.20 - 1.00 จำนวน 20 ข้อ จากการวิเคราะห์คุณภาพ พบว่าแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีค่าความยากง่าย (*P*) ระหว่าง 0.40 - 0.73 และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.25 - 0.65 (ภาคผนวก ข หน้า 152-153)

2.9 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนดมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับโดยใช้วิธีของโลเวทท์ (Lovett, s method) (ไพศาล วรคำ, 2555) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.78 (ภาคผนวก ข หน้า 153)

2.10 จัดพิมพ์แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการจำนวน 20 ข้อ เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3. แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี มีขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพดังนี้

3.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

3.2 สร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาเคมีในแบบวัดโดยมีเนื้อหาครอบคลุมองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาเคมีดังนี้

3.2.1 ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมี

3.2.2 การเห็นความสำคัญของวิชาเคมี

3.2.3 ความสนใจในวิชาเคมี

3.2.4 ความนิยมชมชอบต่อวิชาเคมี

3.2.5 การแสดงออกหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี

3.3 วิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของเจตคติต่อวิชาเคมีและน้ำหนักในการวัดเจตคติต่อวิชาเคมี ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 การวิเคราะห์เนื้อหาของเจตคติในแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

เนื้อหาของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี	จำนวนข้อคำถาม (ข้อ)	
	สร้าง	ใช้จริง
1. ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมี	8	4
2. การเห็นความสำคัญของวิชาเคมี	8	4
3. ความใส่ใจในวิชาเคมี	8	4
4. ความนิยมชมชอบต่อวิชาเคมี	8	4
5. การแสดงออกหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี	8	4
รวม	**40**	**20**

3.4 สร้างแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีตามวิธีการวัดของลิเคิร์ท ซึ่งเป็นข้อคำถามที่มีลักษณะการตอบแบบมาตราส่วนประเมินค่า 5 ระดับ ประกอบด้วย ข้อคำถามเชิงบวกและข้อคำถามเชิงลบ จำนวน 40 ข้อ การให้คะแนนแต่ละข้อมีเกณฑ์ให้คะแนนโดยกำหนดดังนี้

ข้อคำถามเชิงบวก

5 คะแนน เมื่อตอบว่าเห็นด้วยอย่างยิ่ง

4 คะแนน เมื่อว่าเห็นด้วย

3 คะแนน เมื่อตอบว่าไม่แน่ใจ

2 คะแนน เมื่อตอบว่าไม่เห็นด้วย

1 คะแนน เมื่อตอบว่าไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

ข้อคำถามเชิงลบ

5 คะแนน เมื่อตอบว่าไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

4 คะแนน เมื่อตอบว่าไม่เห็นด้วย

3 คะแนน เมื่อตอบว่าไม่แน่ใจ

2 คะแนน เมื่อว่าเห็นด้วย

1 คะแนน เมื่อตอบว่าเห็นด้วยอย่างยิ่ง

3.5 เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย มีการหาค่าเฉลี่ยของช่วงคะแนนดังนี้ (จิตตินันท์ เตชะคุปต์, 2542)

เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 4.25-5.00 แปลความหมายว่า มีเจตคติที่ดีมาก

เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 3.43-4.23 แปลความหมายว่า มีเจตคติที่ดี

เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 2.62-3.42 แปลความหมายว่า มีเจตคติที่ปานกลาง

เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 1.81-2.61 แปลความหมายว่า มีเจตคติที่ไม่ดี

เกณฑ์ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 แปลความหมายว่า มีเจตคติที่ไม่ดีอย่างมาก

3.6 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.7 นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อประเมินความสอดคล้องข้องคำถามกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าแบบวัดตรงกับองค์ประกอบที่ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีต้องการวัด

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบวัดตรงกับองค์ประกอบที่ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีต้องการวัด

-1 เมื่อแน่ใจว่าแบบวัดไม่ตรงกับองค์ประกอบที่ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีต้องการวัด

3.8 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ พิจารณาข้อคำถามที่มีค่าดัชนีสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553) ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญได้ค่าดัชนีสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00 (ภาคผนวก ข หน้า 154-155)

3.9 ดำเนินการปรับปรุงแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ โดยปรับการใช้คำถามให้มีความชัดเจนและสอดคล้องกับองค์ประกอบของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีมากขึ้น นำแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าอำนาจจำแนก (r) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน (ไพศาล วรคำ , 2559) ระหว่างคะแนนกับคะแนนรวมแต่ละด้าน เพื่อเลือกข้อคำถามที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และหาค่าความเชื่อมั่น โดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (ไพศาล วรคำ, 2559) ซึ่งแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี สำหรับการวิจัยมีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.42 - 0.81 และความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 (ภาคผนวก ข หน้า 156) แสดงว่า แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีมีคุณภาพสามารถนำไปใช้ได้

3.10 จัดพิมพ์แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ปีการศึกษา 2563 ที่เป็นกลุ่มตัวอย่างต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 2 ชั่วโมง

3. ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ใช้เวลา 14 ชั่วโมง จำนวน 1 แผน โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง

4. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี (ฉบับเดิม) จำนวน 2 ชั่วโมง

5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample *t*-test) (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1)

2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้การทดสอบค่าที แบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (One sample *t*-test) (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2)

3. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample *t*-test) (ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3)

4. วิเคราะห์เจตคติต่อวิชาเคมีหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้การหาคะแนนเฉลี่ย ($\bar{X}$) และความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

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

เมื่อ $\bar{x}$ แทน คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545)

$$S.D = \sqrt{\frac{N\sum x^2 - (\sum x)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ *S.D.* แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละคนในกลุ่ม

$(\sum X)^2$ แทน กำลังสองของคะแนนแต่ละคนในกลุ่ม

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (*IOC*) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2554)

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

เมื่อ *IOC* แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยาก (*P*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ แบบอิงเกณฑ์ โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ส (Whitney & Sabers) (ไพศาล วรคำ, 2559)

2.2.1 หาค่าความยากง่าย (*P*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้สูตร ดังนี้

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ P แทน ดัชนีความยากง่าย

R แทน จำนวนคนที่ตอบข้อนั้นถูก

N แทน จำนวนคนที่ทำข้อนั้นทั้งหมด

2.2.2 หาค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดย ใช้เทคนิค 50 % โดยคำนวณจากสูตร ดังนี้

$$D_c = \frac{R_u}{N_u} - \frac{R_I}{N_I}$$

เมื่อ D_c แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

R_u แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มสูง

R_I แทน จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ

N_u แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูง

N_I แทน จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำ

2.3 หาค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี หาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน โดยใช้สูตร (ไพศาล วรคำ, 2559)

$$r_{XY} = \frac{n\sum XY - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{[n\sum X^2 - (\sum X)^2][n\sum Y^2 - (Y)^2]}}$$

เมื่อ r_{xy} แทน ค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดเจตคติ

X แทน คะแนนรวม

Y แทน คะแนนรายข้อ

N แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่าง

2.4 หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยใช้วิธีการของโลเวทท์ (Lovett's method) (ไพศาล วรคำ, 2555)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k\sum x - \sum x^2}{(k-1)\sum (x-c)^2}$$

เมื่อ r_{cc} แทน ค่าประมาณความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์

K แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ

C แทน คะแนนเกณฑ์หรือคะแนนจุดตัด

x แทน คะแนนรวมของผู้สอบแต่ละคน

2.5 หาค่าความเชื่อมั่น ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีโดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α Coefficient) โดยใช้สูตรครอนบาค (Cronbach) (สมโภชน์ อเนกสุข, 2559)

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

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อ

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

3.1 ใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (Dependent sample t-test) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 และ 3

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

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

D แทน ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่

$\sum D$ แทน ผลรวมของความแตกต่างระว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

$\sum D^2$ แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน

n แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

3.2 ใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียว (One sample t-test) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553) เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2

$$t = \frac{\overline{x} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad \text{และ } df = \text{n-1}$$

เมื่อ t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

$\overline{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยที่หาได้จากกุล่มตัวอย่าง

μ แทน ค่าเฉลี่ยหรือค่าคงที่ของประชากร

s แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีการนำเสนอผลการวิจัย ดังนี้

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกัน ดังนี้

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

$\bar{X}$ แทน ค่าคะแนนเฉลี่ย

SD แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

t แทน ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t

df แทน ระดับแห่งความเป็นอิสระ

p แทน ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน

* แทน นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70

3. ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

4. ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน แสดงดังตารางที่ 4-1 และ4-2

ตารางที่ 4-1 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

พฤติกรรมการเรียนรู้	*n*	คะแนนเต็ม	คะแนนก่อนเรียน			คะแนนหลังเรียน		
			$\bar{X}$	*SD*	ร้อยละ	$\bar{X}$	*SD*	ร้อยละ
ความรู้ความจำ	40	6	1.75	1.06	29.17	4.75	0.74	79.17
ความเข้าใจ	40	6	1.82	1.03	30.33	5.00	0.91	80.33
การประยุกต์ใช้	40	4	1.23	1.00	30.75	2.95	0.81	73.75
การวิเคราะห์	40	9	2.93	1.44	32.56	7.13	1.30	79.22
การประเมินค่า	40	3	0.83	0.78	27.67	1.55	0.88	71.00
คิดสร้างสรรค์	40	2	0.53	0.60	26.50	0.98	0.80	70.00
ภาพรวม	**40**	**30**	**9.08**	**2.68**	**29.50**	**23.35**	**1.97**	**75.58**

ตารางที่ 4-2 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

คะแนน	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p* (1-tailed)
ก่อนเรียน	40	9.08	2.68	39	37.84*	.000
หลังเรียน	40	23.35	1.97	39		

*$p < .05$

จากตารางที่ 4-1 และ 4-2 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 9.06 และ 23.35 ตามลำดับ สรุปได้ว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) ด้านการประยุกต์ใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การประเมิน และ 6) คิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาทุกด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วยเช่นกัน โดยสามารถเรียงลำดับพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียน จากคะแนนค่าเฉลี่ยร้อยละสูงสุดไปหาต่ำสุดตามลำดับ ดังนี้ ด้านความเข้าใจ (ร้อยละ= 80.33), ด้านการวิเคราะห์ (ร้อยละ= 79.22), ด้านความรู้ความจำ (ร้อยละ= 79.17), ด้านการประยุกต์ใช้ (ร้อยละ= 73.75), ด้านการประเมินค่า (ร้อยละ= 71.00) และด้านคิดสร้างสรรค์ (ร้อยละ= 70.00)

2. ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 แสดงดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 70 (21 คะแนนจากคะแนน เต็ม 30 คะแนน)

กลุ่มทดลอง	***n***	**เกณฑ์ร้อยละ 70**	$\bar{X}$	***SD***	***df***	***t***	***p* (1-tailed)**
หลังเรียน	40	21	23.35	1.97	39	4.46*	.000

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีค่าเท่ากับ 23.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 หรือ 21 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. ผลการวิเคราะห์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนแสดงดังตารางที่ 4-4 และ 4-5

ตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการกับองค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	***n***	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนก่อนเรียน**		**คะแนนหลังเรียน**	
			$\bar{X}$	***SD***	$\bar{X}$	***SD***
ทักษะตั้งสมมติฐาน	40	4	2.05	1.08	3.43	0.64
ทักษะกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	40	4	1.78	0.97	3.30	0.69
ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร	40	4	1.60	0.96	2.93	0.69
ทักษะการทดลอง	40	4	1.53	0.88	2.53	0.72
ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	40	4	1.68	1.27	2.50	1.15
ภาพรวม	**40**	**20**	**8.63**	**2.96**	**14.68**	**1.72**

ตารางที่ 4- 5 ผลการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน

กลุ่มทดลอง	*n*	$\bar{X}$	*SD*	*df*	*t*	*p* (1-tailed)
ก่อนเรียน	40	8.62	2.96	39	14.18*	.000
หลังเรียน	40	14.68	1.72	39		

* $p < .05$

จากตารางที่ 4-4 และ 4-5 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียนและหลังเรียนเท่ากับ 8.62 และ 14.68 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

เมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะคือ ทักษะตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป พบว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ในทุกทักษะหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ด้วยเช่นกัน โดยสามารถเรียงลำดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ หลังเรียนจากคะแนนค่าเฉลี่ยสูงสุดไปหาต่ำสุดตามลำดับ ดังนี้ ทักษะตั้งสมมติฐาน ($\bar{X}$ = 3.43), ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ($\bar{X}$ = 3.30), ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร ($\bar{X}$ = 2.93), ทักษะการทดลอง ($\bar{X}$ = 2.53), และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ($\bar{X}$ = 2.50)

4. ผลการวิเคราะห์เจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษา ดังตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความคิดเห็นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เจตคติต่อวิชาเคมี	ค่าเฉลี่ย $\bar{X}$	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*)	ระดับความคิดเห็น
ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมี	4.03	0.55	ดี
การเห็นความสำคัญของวิชาเคมี	4.28	0.56	ดีมาก
ความสนใจในวิชาเคมี	4.02	0.62	ดี
ความนิยมชมชอบในวิชาเคมี	3.65	0.42	ดี
การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี	3.80	0.48	ดี
ภาพรวม	**3.96**	**0.37**	**ดี**

จากตารางที่ 4-6 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีภาพรวมค่าเฉลี่ยคะแนนเจตคติหลังเรียน เท่ากับ $\bar{X}$ = 3.96 (*SD* = 0.37) เจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนหลังเรียนโดยรวมอยู่ในระดับดี

เมื่อพิจารณาระดับความคิดเห็นเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนเป็นรายด้านทั้ง 5 ด้าน ในแต่ละด้านเรียงลำดับจากคะแนนเฉลี่ยสูงสุดไปหาต่ำสุดตามลำดับ ดังนี้ นักเรียนมีเจตคติต่อวิชาเคมี ด้านการเห็นความสำคัญต่อวิชาเคมีอยู่ในระดับดีมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 (*SD* = 0.56) รองลงมา ได้แก่ ด้านความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมีอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 (*SD* = 0.55) ส่วนด้านความสนใจในวิชาเคมีอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 (*SD* = 0.62) ด้านการแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมเกี่ยวกับวิชาเคมีอยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 (*SD* = 0.48) และด้านการนิยมชมชอบต่อวิชาเคมี อยู่ในระดับดี มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 (*SD* = 0.42)

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีจุดประสงค์เพื่อการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน โดยการสุ่มห้องเรียนด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 40 คน โดยใช้ ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 1 แผน 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.33 -0.78 ค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.25 - 0.70 มีค่าความเชื่อมันเท่ากับ 0.89 และ 3) แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.40 - 0.73 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25 - 0.65 มีค่าความเชื่อมันเท่ากับ 0.78 4) แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 20 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.42 - 0.81 ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 การวิจัยครั้งนี้มีแบบแผนการวิจัยเป็นแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร *t*-test แบบ Dependent sample และเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 70 โดยใช้สูตร *t*-test แบบ one-sample *t*-test และ เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเรียนและหลังเรียนโดยใช้สูตร *t*-test แบบ Dependent sample และเจตคติต่อวิชาเคมี วิเคราะห์ข้อมูลโดยเก็บรวบรวมคะแนนหลังเรียนของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี โดยใช้ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบนเบี่ยงมาตรฐาน

สรุปผลการวิจัย

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. เจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา อยู่ในระดับดี

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่าหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่ง เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ผู้วิจัยได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีความสอดคล้องกับขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้ผลการเรียนรู้ จึงทำให้กิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าวส่งเสริมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ด้วยสถานการณ์ปัญหา นักเรียนจะร่วมกันแก้ไขสถานการณ์ปัญหาด้วยกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ดังที่ วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ได้ระบุว่าพื้นฐานการเรียนรู้ด้วยสะเต็มศึกษามาจากทฤษฎีพิพัฒนาการนิยม ซึ่งเด็กเรียนรู้ได้ดีจากการลงมือกระทำงานเป็นกลุ่ม ผู้สอนเป็นชี้แนะแนวทางและให้คำปรึกษาให้ผู้เรียนสืบค้น ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่าง ๆ ทั้งด้านปัญญา ด้านทักษะการคิด เช่น การคิดวิเคราะห์คิดสร้างสรรค์ในการสร้างสรรค์ชิ้นงานและด้านคุณลักษณะ เช่น ทักษะการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มและทักษะการสื่อสาร นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษายังมุ่งเน้นการทำกิจกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งเป็นการนำความรู้ที่กว้าง และหลากหลายมาประยุกต์ใช้ทำให้องค์ความรู้ที่นักเรียนได้รับครอบคลุมตัวชี้วัดทั้งหมดที่ผู้วิจัยใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเนื้อหา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเรื่องที่มีเนื้อหาค่อนข้างซับซ้อน การให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้เองอาจจะยังไม่เพียงพอที่จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้นได้ แต่อย่างไรก็ตามหากดูจากค่าเฉลี่ยโดยรวมแล้วยังถือว่าคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษายังมีค่าสูง

กว่าก่อนจัดการเรียนรู้ ทั้งนี้เป็นผลเนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดเด่นสำคัญ คือ การนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) เป็นขั้นที่ผู้สอนกระตุ้นความสนใจในกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยสถานการณ์หรือปัญหาของสถานการณ์นั้น ๆ โดยการกล่าวถึงสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง เพื่อให้ผู้เรียนร่วมกันศึกษาและทำความเข้าใจสถานการณ์ปัญหา และนำความรู้เดิมมาบูรณาการหาแนวคิดในการแก้ปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งขั้นนี้ให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียน ผู้เรียนสามารถฝึกตั้งคำถามได้ ก่อนเข้าสู่บทเรียน การทำกิจกรรมนี้จะเป็นกลุ่มเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง ซึ่งสถานการณ์นั้นจะเป็นสถานการณ์ปัญหาที่สั้น กระชับ อีกทั้งยังมีเกณฑ์และข้อจำกัดที่จะต้องการสร้างสิ่งประดิษฐ์ให้เป็นไปตามหลักในการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตัวอย่างเช่น ในการออกแบบเรือพลังงานผู้เรียนจำเป็นต้องมีความรู้ใน เรื่อง รูปร่างของเรือแบบต่าง ๆ และปฏิกิริยาเคมีที่ทำให้เกิดพลังงานแล้วเรือเคลื่อนที่ได้ โดยผู้วิจัยจะคอยกระตุ้นด้วยการใช้คำถาม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและมีความต้องการที่จะศึกษาสถานการณ์ปัญหานั้น ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้พัฒนาทักษะการตั้งสมมติฐานเพื่อคิดหาคำตอบล่วงหน้า

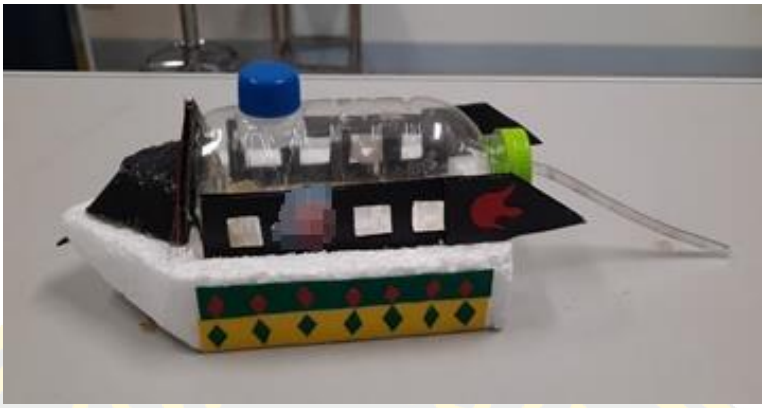
ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) เป็นขั้นที่ผู้เรียนกำหนดขอบเขตของเนื้อหา โดยแสวงหาความรู้จากอินเตอร์เน็ต เว็บไซต์ ใบความรู้หรือจากการชมวีดิทัศน์ โดยเป็นการใช้เทคโนโลยี (Technology) เพื่อรวบรวมข้อมูล ในขั้นนี้ผู้เรียนร่วมกันอภิปรายในกลุ่มเพื่อประเมินความเป็นไปได้ จากข้อมูลในการสืบค้นมานั้น สามารถใช้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหานั้นได้หรือไม่ เพื่อที่เลือกเป็นวิธีการเหมาะสมที่สุด และหารายละเอียดหรือหาองค์ประกอบของสถานการณ์ปัญหา ตัวอย่างเช่น ในกิจกรรม เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง ต้องมีการเลือกสารในชีวิตประจำวัน การเกิดปฏิกิริยาเคมี และอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้เร็วหรือช้า จะขึ้นอยู่กับสารชนิดใดจึงจำเป็นจะต้องมีความรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยา และจะต้องมีความรู้เรื่องโครงสร้างของเรือการคำนวณต้นทุนของวัสดุ การเลือกวัสดุ และให้เขียนบันทึกประเด็นที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาให้ได้มากที่สุดในเวลาที่จำกัด เมื่อผู้เรียนสามารถระบุขอบเขตที่จะศึกษา จากนั้นให้ผู้เรียนฝึกปฏิบัติ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ของ PhET (http//phet.colorado.edu) ในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจมากขึ้น ซึ่งเป็นการใช้ความรู้ทางเทคโนโลยี (Technology) ร่วมกับการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science) เพื่อนำไปสู่การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ซึ่งในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้พัฒนาทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

และทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร โดยอธิบายความหมายที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารตั้งต้นที่นำมาทดลองเพื่อให้สมาชิกในกลุ่มเกิดความเข้าใจในเนื้อหาการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อที่นำข้อสรุปไปประดิษฐ์เรือพลังงาน

ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา (Plan and develop) เป็นขั้นที่ผู้เรียนวางแผนและออกแบบชิ้นงาน (เรือพลังงาน) ในขั้นตอนนี้ได้กำหนดให้แต่ละกลุ่มออกแบบเรือพลังงาน ซึ่งผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหา ด้วยการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่ผู้สอนกำหนดให้ โดยวาดภาพหรืออาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ ซึ่งในขั้นนี้ผู้เรียนใช้ความรู้ทางวิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) ร่วมกับความรู้ทางเทคโนโลยี (Technology) ขั้นตอนในการร่างแบบเรือให้หลากหลายรูปแบบมากที่สุดและเขียนอธิบายลงในใบกิจกรรม การเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการผลิต และคำนวณงบประมาณในการสร้างผลงานให้คุ้มทุน โดยผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สมาชิกในกลุ่มได้ร่วมกันสรุป และอธิบายวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดในการผลิตชิ้นงานนั้นให้เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ในสถานการณ์และทรัพยากรที่มีอยู่ โดยครูตรวจสอบความเรียบร้อยของผลงานนักเรียนแต่ละกลุ่มก่อนนำไปทดสอบและปรับปรุง โดยพิจารณาว่าผลงานสอดคล้องกับเงื่อนไขหรือไม่ หากไม่สอดคล้องผู้เรียนต้องทดสอบและปรับปรุงให้เรียบร้อย

ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล (Test and evaluate) เป็นขั้นที่ให้ผู้เรียนแต่ละกลุ่มปฏิบัติกิจกรรม โดยพิจารณาว่า ผลงานสอดคล้องกับข้อจำกัดหรือไม่ หากไม่สอดคล้องให้ผู้เรียนทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยทำการทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งที่ 1 ทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่องของเรือพลังงานแล้วแก้ไขใหม่ จนค้นพบวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดตามเงื่อนไขและเวลาที่กำหนด การทดสอบครั้งที่ 2 เป็นการแข่งกันจริงของเรือพลังงานของกลุ่มผู้เรียนที่เคลื่อนที่ได้ไกลที่สุดจะเป็นผู้ชนะ ซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้พัฒนาทักษะการการทดลอง

ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถเผยแพร่ผลงานในการทำวิจัย ครั้งนี้ผู้วิจัยได้จำลองชั้นเรียนเป็นเวทีในการนำเสนอผลงานของผู้เรียนแต่ละกลุ่มให้แต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานที่ได้สร้างสรรค์ ผ่านการผลิตสื่อวิดีโอที่สร้างขึ้น และเผยแพร่ลงในเพจเฟซบุ๊คของโรงเรียนดาราสมุทร ศรีราชา โดยมีการแสดงชิ้นงานและพร้อมบอกข้อดีหรือจุดแข็งของชิ้นงาน เพื่อดึงดูดนักเรียนกลุ่มอื่นที่เป็นผู้ชมของกลุ่มผู้นำเสนอและให้ผู้เรียนกลุ่มอื่นเสนอแนะแก่กลุ่มนำเสนอ เพื่อนำไปใช้ปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้นซึ่งในขั้นตอนนี้ผู้เรียนจะได้พัฒนาทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป



ภาพที่ 5-1 รูปสิ่งประดิษฐ์เรือพลังงาน

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ได้บูรณาการ 4 สาระวิชาที่กล่าวมาขั้นต้น จะเห็นได้ว่าผู้วิจัยใช้สถานการณ์ปัญหาเป็นตัวช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความกระตือรือร้น และมีบทบาทอย่างเต็มที่ เพื่อให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ทั้งนี้เป็นผลเนื่อง มาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ผู้วิจัยได้บูรณาการ 4 สาระวิชา และได้นำจุดเด่นของธรรมชาติสาขาวิชามาผสมผสานกัน ดังนี้

วิทยาศาสตร์ (Science) เมื่อเลือกสารตั้งต้นสองสารขึ้นไปมาผสมกัน จะทำให้เกิดปฏิกิริยา ซึ่งในหนึ่งปฏิกิริยาจะเกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีขึ้น และพลังงานที่แตกต่างกัน ถ้าต้องการวัดการเกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ช้าหรือเร็ว สามารถวัดได้จากสารตั้งต้นหรือสารผลิตภัณฑ์เทียบกับเวลา สามารถใช้ทฤษฎีการชนอธิบายในการเกิดปฏิกิริยา การเลือกใช้สารตั้งต้นมาทำปฏิกิริยาซึ่งมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาได้เร็วหรือช้าได้ โดยใช้สารเคมีในชีวิตประจำวันมาทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีแทนแหล่งพลังงานของเรือ

เทคโนโลยี (Technology) ศึกษารูปร่างของเรือ แรงการเคลื่อนที่ของเรือ การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ และการเลือกชนิดของสารตั้งต้นในการออกแบบชิ้นงานของเรือพลังงาน และนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง เมื่อผู้เรียนสามารถระบุขอบเขตที่จะศึกษาแล้ว จากนั้นผู้สอนให้ฝึกปฏิบัติการการเกิดปฏิกิริยา โดยใช้สถานการณ์จำลองบนคอมพิวเตอร์ของ PhET (http//phet.colorado.edu) ซึ่งเป็นการใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science) ร่วมด้วยทำให้ผู้เรียนเข้าใจหลักในการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อนำไปสู่การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) คิดออกแบบในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อกำหนดแบบร่างผลงานต้นแบบที่มีความเป็นไปได้มากที่สุด และตรวจสอบ ผลลัพธ์ในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ซึ่งได้นำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ในการแก้ปัญหา มีขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้แก่ การระบุปัญหาเพื่อกระตุ้นความสนใจในกิจกรรมสะเต็มศึกษาด้วยสถานการณ์หรือปัญหาของสถานการณ์นั้น ๆ ซึ่งช่วยนำไปสู่การสร้างสิ่งประดิษฐ์ การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องเป็นกำหนดขอบเขตของเนื้อหาโดยแสวงหาความรู้จากอินเตอร์เน็ต เว็บไซต์ ใบความรู้ หรือจากการชมวิดีทัศน์ เพื่อรวบรวมข้อมูลการวางแผนและพัฒนา เพื่อที่จะวางแผนและออกแบบชิ้นงาน (เรือพลังงาน) ซึ่งผู้เรียนแต่ละกลุ่มจะร่วมกันวางแผนการแก้ปัญหา ด้วยการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยวาดภาพหรืออาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบให้หลากหลายรูปแบบมากที่สุดต้องเลือกวัสดุอุปกรณ์ในการผลิต และคำนวณงบประมาณในการสร้างผลงานให้คุ้มทุนที่สุด การทดสอบและประเมินผลพิจารณาว่า ผลงานสอดคล้องกับข้อจำกัดหรือไม่ หากไม่สอดคล้องให้ผู้เรียนทดสอบ และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ซึ่งการนำเสนอผลลัพธ์เป็นการนำเสนอผลงานสิ่งประดิษฐ์ของผู้เรียนแต่ละกลุ่ม

คณิตศาสตร์ (Mathematics) รูปทรงเรขาคณิตที่เลือกใช้ในการอออกแบบเรือพลังงานเพื่อให้เหมาะสม เรือสามารถเคลื่อนที่ได้ และคำนวณงบประมาณในการสร้างผลงานให้คุ้มทุน

จากผลดังกล่าว จึงส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงขึ้น เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกันมีทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม และเรียนรู้ด้วยความสนุกสนานโดยการลงมือปฏิบัติ รู้จักแก้ปัญหา การสืบเสาะหาความรู้ ยังได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการคิด การออกแบบ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลต่าง ๆ การสืบค้นข้อมูลทางเทคโนโลยีและการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาบูรณาการร่วมด้วย (สุพรรณี ชาญประเสริฐ, 2557)

จากการศึกษาผู้เรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างในการทำวิจัย พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 74.50 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยเน้นการนำความรู้ที่มีไปแก้ปัญหาในชีวิตจริง และช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต ซึ่งสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

จากผลการวิจัย สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 สอดคล้องกับงานวิจัยของ ทิพธัญญา ดวงศรี (2560) ที่ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในระดับมาก สอดคล้องกับงานวิจัยของ กุสุมา แสงศรี (2561) ที่ศึกษาการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนในระดับปานกลาง และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยเหตุผลที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จึงสนับสนุนได้ว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาให้กับนักเรียนช่วยเน้นทักษะและกระบวนการที่จำเป็นผ่านการเรียนรู้ได้ลงมือปฏิบัติทดลองด้วยตนเอง และบูรณาการสิ่งที่เรียนเข้ากับวิถีชีวิตจริงได้

เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านพุทธิพิสัย 6 ด้าน ได้แก่ 1) ความรู้ความจำ 2) ความเข้าใจ 3) การประยุกต์ใช้ 4) การวิเคราะห์ 5) การประเมินค่า และ 6) การคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยด้านความเข้าใจ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านการวิเคราะห์ ด้านความรู้ความจำ ด้านการประยุกต์ใช้ ด้านการประเมินค่า และด้านการคิดสร้างสรรค์ ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ทำให้ผู้เรียนได้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองโดยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทำงานกลุ่ม ซึ่งสมาชิกกลุ่มคนที่มีความสามารถทางการเรียนในระดับที่เก่งสามารถช่วยเหลือคนที่มีความสามารถทางการเรียนในระดับที่อ่อนกว่าให้เกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น ทั้งผู้เรียนที่ถ่ายทอดความรู้และผู้เรียนที่รับฟัง อีกทั้งกระบวนการสอนยังช่วยให้นักเรียนรู้จักคิด หาเหตุผล ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้อย่างแท้จริงโดยความรู้ที่ได้จะคงทนถาวรอยู่ในความทรงจำระยะยาว และนักเรียนสามารถนำความรู้ไปแก้ไขปัญหาในสถานการณ์ที่นักเรียนต้องเผชิญได้เป็นอย่างดี สอดคล้องกับแนวคิดของ (Bloom อ้างถึงใน พิศิษฐ ตัณฑวณิช, 2557) กล่าวว่า การวิเคราะห์เกิดจากบุคคลใช้ปัญญาของตนคิดหาเหตุผลหรือคำตอบด้วยตนเองโดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ตนสามารถรับรู้ได้ การวิเคราะห์เป็น

ความสามารถด้านสมองที่ทำให้รู้จักหาเหตุผลมาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นได้ และนอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 เนื่องมาจากวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการระหว่างศาสตร์ต่าง ๆ มีการบูรณาการ โดยอาศัยเนื้อหาวิชาเคมีเป็นหลักมีการใช้สื่อการสอนที่หลากลาย เช่น รูปภาพ วีดิโอ เป็นต้น และออกแบบสถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริงรวมทั้งใช้กระบวนการกลุ่มได้นำเทคโนโลยีมาศึกษาค้นคว้า เช่น นักเรียนนำความรู้ในเนื้อหาเคมี และความรู้วิศวกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ “แล่นให้ไกลไปให้ถึง” จะต้องออกแบบเรือให้มีรูปทรงเหมาะกับการแล่นได้เร็ว โดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารในชีวิตประจำวันที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกใช้ ซึ่งกิจกรรมนี้เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง นักเรียนได้ฝึกปฏิบัติการทดลอง โดยใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ในการสืบค้นหาความรู้ ซึ่งจำเป็นต่อการออกแบบชิ้นงาน และพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติสามารถฝึกฝนจนทำให้เกิดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว (2542) ที่กล่าวไว้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ที่นักวิทยาศาสตร์ได้นำวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาแก้ปัญหาใช้ในการศึกษาค้นคว้า สืบเสาะหาความรู้ และการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ส่งผลให้นักเรียนมีกระบวนการคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ ซึ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้กระบวนการคิดเพื่อค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างคล่องแคล่ว (ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล, 2557) อีกทั้งยังได้ฝึกฝน และพัฒนาทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป ตัวอย่างเช่น การจัดกิจกรรมการเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง

โดยขั้นระบุปัญหาผู้สอนได้จัดกิจกรรมสร้างความสนใจก่อนเข้าสู่บทเรียนให้นักเรียนชมวิดีทัศน์ แล้วตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการคิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา และร่วมกันระบุปัญหา ซึ่งผู้เรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ในการระบุปัญหา ได้แก่ ทักษะการสังเกต และทักษะการตั้งสมมติฐาน เป็นต้น ซึ่งผู้เรียนแต่ละกลุ่มตั้งสมมติฐานจากปัญหา พบว่าผู้เรียนเข้าใจถึงปัญหา และสามารถระบุปัญหาได้อย่างถูกต้องได้ค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องที่ต้องสืบค้น

ข้อมูลจากการใช้เทคโนโลยี แหล่งเรียนรู้จากห้องสมุด และเอกสารประกอบการเรียนจำเป็นที่ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการและทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป นักเรียนต้องอาศัยประสบการณ์ และความรู้พื้นฐานที่จะนำมากำหนดความหมายและขอบเขตของตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลต่อชิ้นงานสามารถสรุปความรู้มาใช้ในการปฏิบัติการทดลองตามหลักการการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งในการสร้างการวางแผนและพัฒนา ผู้เรียนนำความรู้มาวางแผนออกแบบชิ้นงาน และทำการทดลองหาปฏิกิริยาเคมีจะต้องกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร และทักษะการทดลอง พบว่า ผู้เรียนสามารถวางแผนและออกแบบชิ้นงาน เลือกปฏิกิริยาเคมีได้อย่างถูกต้อง เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม และนำมาทำการทดสอบ ประเมินผล ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการทดลอง พบว่า ผู้เรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบเรือพลังงานจะต้องเลือกใช้สารเคมีและประหยัดต้นทุนการผลิต เพื่อมาทดลองการเคลื่อนที่ของเรือและตรวจสอบความเรียบร้อยของผลงานผู้เรียนก่อนนำไปปรับปรุง ซึ่งจะต้องพิจารณาว่า ผลงานสอดคล้องกับข้อจำกัดหรือไม่ หากไม่สอดคล้องผู้เรียนต้องปรับปรุงให้เรียบร้อย โดยนำผลงานมานำเสนอผลลัพธ์ ผู้เรียนได้ใช้ทักษะการตีความหมายข้อมูลและข้อสรุป พบว่าผู้เรียนวิเคราะห์ปัญหาและสรุปผลได้ถูกต้อง ชัดเจนตามผลการทดลอง อีกทั้งผู้เรียนได้ฝึกกระบวนการคิด คิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ และคิดแก้ปัญหาแบบวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้เรียนสามารถแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ด้วย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยผ่านการใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูล และผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอย่างสร้างสรรค์ เป็นกิจกรรมปฏิบัติการที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างเป็นขั้นตอน มีการออกแบบ ทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมี และตกแต่งชิ้นงาน โดยใช้ความรู้เดิมมาช่วยกระตุ้นในการทำกิจกรรม ดังนั้นผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดขั้นสูง และฝึกการแก้ปัญหา ซึ่งสอดคล้องการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาของ Scott (2012) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในโรงเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า นักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียนสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม และนักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้ยังบอกอีกว่าได้รับการสนับสนุนส่งเสริมที่จะสามารถเรียนรู้จะแก้ปัญหาที่พบเจอในชีวิต และฝึกทำงานจริงได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ และมั่นใจว่าสามารถสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานได้อย่างแน่นอน จึงเป็นการบ่งบอกว่านักเรียนเกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หรือวิชาที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา

ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. เจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หลังเรียนอยู่ในเกณฑ์ระดับดี เมื่อพิจารณาองค์ประกอบรายด้านโดยเรียงลำดับจากมากไปน้อย ดังนี้ 1) การเห็นความสำคัญของวิชาเคมีหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.28 2) ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมีหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.03 3) ความสนใจในวิชาเคมีหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 4.02 4) การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมีหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 5) ความนิยมชมชอบในวิชาเคมีหลังเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 3.65 ตามลำดับ พบว่าผู้เรียนมีเจตคติต่อวิชาเคมีในภาพรวมอยู่ในระดับดีทุก ๆ ด้าน เนื่องมาจากวิธีการสอนตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยนำมาใช้เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นเหตุการณ์น่าสนใจช่วยกระตุ้นหรือท้าทายให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหา รวมทั้งมีส่วนร่วมในแสดงออกถึงความคิดเห็น แสวงหาคำตอบ และแลกเปลี่ยนความรู้ร่วมกันกับสมาชิกในกลุ่ม เช่น การให้ผู้เรียนตอบคำถามตามความรู้เดิมที่ตนเองมี และรับฟังข้อเสนอของเพื่อนร่วมชั้น โดยมีการแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็นต่าง ๆ อย่างหลากหลาย เป็นการสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนอยากลงมือปฏิบัติการและรู้จักการแก้ปัญหา

โดยเริ่มจากการระบุปัญหาที่ต้องแก้ไข ผู้เรียนจะต้องร่วมกันสรุปปัญหา และแนวทางในการแก้ปัญหาที่ต้องการศึกษา และทำการลงมือค้นคว้าหาข้อมูลที่จำเป็นต่อการแก้ปัญหา พบว่าผู้เรียนมีความกระตือรือร้นที่จะค้นคว้าหาความรู้ ชอบการทำงานเป็นกลุ่ม เนื่องจากได้ช่วยกันคิดหาคำตอบ รู้สึกไม่กดดัน และช่วยกันทำงานในการปฏิบัติกิจกรรม ส่งผลให้สามารถทำกิจกรรมได้สำเร็จลุล่วงตามเวลาที่กำหนด รวมถึงสื่อการสอนที่ใช้มีความหลากหลาย เช่น รูปภาพ วีดิทัศน์ และแบบจำลองสถานการณ์การเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นต้นทำให้เข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น จึงทำให้ผู้เรียนเรียนรู้ได้ง่ายมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับ Tseng และคณะ (2013) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ในการเรียนรู้แบบโครงงาน มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการ STEM กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือ ผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐานมีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมีนัยสำคัญ จากการสัมภาษณ์เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM คือ ความรู้ ทักษะและประสบการณ์ทางด้าน STEM จะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคตสามารถ

นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความหมายของการเรียนรู้และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้น และส่งผลต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในภายภาคหน้าเพิ่มขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ที่ได้ศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ พบว่า เจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้วิเคราะห์สถานการณ์ ส่งเสริมให้ผู้เรียนสืบเสาะหาความรู้ ได้ลงปฏิบัติจริง ฝึกคิด ฝึกทักษะกระบวนการต่าง ๆ เปิดโอกาสให้นักเรียนมีการอภิปราย และแสดงความคิดเห็นแลกเปลี่ยนความรู้กับผู้อื่น นำไปสู่การแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน เพื่อได้ชิ้นงานที่แปลกใหม่เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนแสดงออกถึงทักษะกระบวนการขั้นสูง และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงเป็นการสนับสนุนข้อค้นพบที่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีเจตคติต่อวิชาเคมี อยู่ในระดับดี

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไปสำหรับงานวิจัย

1.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในขั้นที่ 1 ระบุปัญหา เป็นขั้นระบุปัญหา ผู้สอนควรสร้างสถานการณ์หรือปัญหาที่น่าสนใจ โดยเฉพาะปัญหาที่ใกล้ตัวกับนักเรียน หรือปัญหาที่สามารถพบในชีวิตจริง เพื่อเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจมากขึ้นไม่เกิดความเบื่อหน่าย และการจัดการเรียนรู้และควรจัดกิจกรรมให้เหมาะสมกับศักยภาพของนักเรียน ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจถึงปัญหา และนำไปสู่แนวทางการแก้ปัญหาต่อไป

1.2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในขั้นตอนการออกแบบและวางแผน โดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมยังเป็นสิ่งใหม่สำหรับนักเรียน ถ้านักเรียนไม่สามารถผ่านกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งไปได้ ก็อาจทำให้ไม่สามารถผ่านสู่ขั้นตอนทั้งหมดของกระบวนการทางวิศวกรรมต่อไป และอาจทำให้การเรียนรู้ล่าช้าไป แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงความรู้พื้นฐานของนักเรียน เช่น หากนำไปใช้ในรายวิชา วิทยาศาสตร์ นักเรียนอาจต้องมีความรู้พื้นฐานวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความรู้และทักษะดังกล่าวมีความจำเป็นต่อการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง

1.3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์ครูอาจจะจัดกิจกรรมจัดนิทรรศการและนำเสนอชิ้นงาน เพื่อที่จะให้นักเรียนได้นำความรู้จากกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไปถ่ายทอดให้แก่นักเรียนในโรงเรียนได้เรียนรู้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของคะแนนค่าเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านความเข้าใจ หลังเรียนมีคะแนนค่าเฉลี่ยร้อยละมากที่สุดซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นถึงการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยเสริมสร้างความเข้าใจ ดังนั้น หัวข้อวิจัยในครั้งต่อไปควรมีการศึกษาในประเด็นที่ว่า ปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้ด้านความเข้าใจเพิ่มขึ้นที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยร้อยละมากที่สุด

2.2 จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีทั้งหมด 5 ทักษะ ซึ่งทักษะที่มีคะแนนค่าเฉลี่ยสูงที่สุดคือ ทักษะตั้งสมมติฐาน และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปมีคะแนนค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด นำไปสู่การวิจัยครั้งต่อไปในประเด็นที่ว่า ปัจจัยที่เป็นสาเหตุที่ทำให้ทักษะตั้งสมมติฐานสูงสุด และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปต่ำสุด เพราะเหตุใดถึงเป็นเช่นนั้น

2.3 จากการวิจัยครั้งนี้ พบว่า ผลการวิเคราะห์ข้อมูลของคะแนนค่าเฉลี่ยเจตคติต่อวิชาเคมี ด้านการเห็นความสำคัญต่อวิชาเคมี มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงที่สุด ซึ่งจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ในการวิจัยครั้งนี้ เป็นกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ และผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็นของตนเอง จึงทำให้มีเจตคติต่อวิชาเคมีอยู่ในระดับดี สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไปควรศึกษาปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เจตคติต่อวิชาเคมีในด้านความนิยมชมชอบในวิชาเคมี มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนต่ำที่สุด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2559). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาสำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู*. เข้าถึงได้จาก https://www.tcithaijo.org/index.php/edujournal_nu/article/view/70988/57638

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2561) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา.

กฤษณา ชุติมา. (2544). *หลักเคมีทั่วไป เล่ม 2* (พิมพ์ครั้งที่ 9). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กวิน เชื่อมกลาง. (2556). เรียนรู้แบบ STEM ผ่านหุ่นยนต์ : สร้างการมีส่วนร่วมของนักเรียน. *นิตยสาร สสวท*, *42*(185), 26–29.

กุศลิน มุสิกุล.(2559). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. เข้าถึงได้จาก https://www.slideshare.net/kroofonfon/191116-69343266

กุสุมา แสงศรี. (2561). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต,สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์การศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ขวัญใจ เชิดชู. (2557). *นวัตกรรมทางการศึกษา STEM Education*. เข้าถึงได้จาก http://kwanjaicherdchoo.blogspot.com/2014_09_01archive.htm

เขมวดี พงศานนท์ และกวิน เชื่อมกลาง. (2550). *สะเต็มศึกษา: นวัตกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. เข้าถึงได้จาก http://www.phatthalung2.go.th/myoffice/2557/data/tkk7/25571101_115805_9011.pdf

คณะกรรมาธิการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสารสนเทศ. (2558). *รายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา (STEM Education) นโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์*. เข้าถึงได้จาก http://library.senate.go.th/document/Ext11101/11101417_0003.PDF

จำรัส อินทลาภาพร. (2558). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างความสามารถในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับครูระดับประถมศึกษา. *Veridian E-Journal Slipakorn University*, *8*(2), 714-736.

จิตตินันท์ เดชะคุปต์. (2542). *เจตคติและความพึงพอใจในการบริการ*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

จุรี ทวีธนวาณิชย์. (2561). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ร่วมกับกระบวนการเรียนรู้บันได 5 ขั้น (5 STEPs) เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ชนินันท์ พฤกษ์ประมูล. (2557). การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์. *วารสารสุทธิปริทัศน์*, *28*(86), 352-364.

ชวลิต ชูกำแพง. (2551). *การประเมินการเรียนรู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *การจัดการเรียนรู้แนวใหม่*. นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). *เทคโนโลยีการศึกษาทฤษฎีและการวิจัย*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ทวิทชัย สุดชาฎา. (2549). *การพัฒนาแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการวิจัยและประเมินผลการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2559). นวัตกรรมและสื่อในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. *Veridian E -Journal*, *9*(1), 560-579.

ทิพธัญญา ดวงศรี. (2560). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ทิพวรรณ ไกรนรา. (2550). *ชุดฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*.วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นวลศิลป์ พิทักษ์วาปี. (2536). *เจตคติต่ออาชีพครูของครูผู้สอน สังกัดกรมสามัญศึกษาในจังหวัดขอนแก่น*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาจิตวิทยาการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

นาตยา โสภาโชติ. (2562, 10 เมษายน). การจัดการเรียนการสอนวิชาเคมีของโรงเรียนดาราสมุทร. สัมภาษณ์.

นิตยา ภูผาบาง. (2559). *การใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พลาสติกชีวภาพจากแป้งมันสำปะหลังเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 2*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, คณะวิทยาศาสตร์, สาขาวิชาเคมีศึกษา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น ฉบับปรับปรุงใหม่* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. (2542). *เทคนิคการสร้างและการรวบรวมข้อมูล* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพฯ: บีแอนด์บี.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2548). *จิตวิทยาอุตสาหกรรม*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพฯ.

ปาริชาติ ประเสริฐสังข์. (2559). การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา. *วารสารวิชาการแพรวากาฬสินธุ์ มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์, 6*(3), 129-140.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2557). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. มหาสารคาม: อภิชาตการพิมพ์.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). *STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21*. เข้าถึงได้จาก https://www.tcithaijo.org/index.php/executivejournal/article/view/80766/64305

พฤกษ์ โปร่งสำโรง. (2549). *ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 7E ในวิชาฟิสิกส์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ, *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, *9* (ฉบับพิเศษ), 401-418.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีการทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา.

พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

พิชิต ฤทธิ์จรูญ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เฮ้าส์ ออฟ เคอร์มีสท์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ พเยาว์ ยินดีสุข และราเชน มีศรี. (2553). *การสอนคิดด้วยโครงงาน : การสอนแบบบูรณาการทักษะในศตวรรษที่ 21* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.

พิศิษฐ ตัณฑวณิช. (2557). แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษาด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคณะฉบับปรับปรุง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 3*(2), 13-25.

พิสิทธิ์พจน์ ไชยานุกุล. (2544). *เจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษาเทศบาล เขตการศึกษา 11*. วิทยานิพจน์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ไพบูลย์ อินทรวิชา. (2560). *หลักและวิธีการวัดเจตคติ*. กรุงเทพฯ: กองวิจัยการศึกษาสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

ไพศาล วรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ไพศาล วรคำ. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 8). มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ภพ เลาหไพบูรลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์ ฉบับปรับปรุง* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทรา นิคมานนท์. (2538). *การประเมินผลการเรียน*. กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.

มนตรี จุฬาวัฒนทล. (2556). *สะเต็มศึกษาประเทศไทยและทูตสะเต็ม*. เข้าถึงได้จาก http://physics.ipst.ac.th/wpcontent/uploads/sites/2/2014/11/STEMEdu_IPSTMag185.pdf

ยงยุทธ แฉล้มวงษ์. (2558). *แรงงานไทยในบริบทใหม่: การเรียนสายอาชีพเพื่อชาติ*. เข้าถึงได้จาก https://tdri.or.th/2015/08/thai-labour-force/

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2551). *การประเมินโครงการแนวคิดและแนวปฏิบัติ* (พิมพ์ครั้งที่ 6) . กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวดี วิบูลย์ศรี. (2540). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. เข้าถึงได้จาก http://www.royin.go.th/dictionary/

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2542). *เทคนิคการวัดผลการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *หลักการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ลักขณา สริวัฒน์. (2544). *จิตวิทยาในชีวิตประจำวัน*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2544). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วรรณทิพา รอดแรงค้า และจิต นวนแก้ว. (2542). *การพัฒนาการคิดการคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมกระบวนการวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เดอมาสเตอร์กรุ๊ปแมเนจเม้นท์.

วรรณทิพา รอดแรงค้า. (2540). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการ*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). *เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ STEM Education (สะเต็มศึกษา)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วารินท์พร ฟันเฟื่องฟู. (2560). *สะเต็มศึกษากับการศึกษาไทย*. เข้าถึงได้จาก http://acad.vru.ac.th/Journal/journal%207_2/7_2_2.pdf

วิชาญ เลิศลพ. (2543). *การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยวิธีจัดการเรียนการสอนตามแนวรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ สสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้กับสสวท*. วิทยานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิทย์ วิศทเวทย์. (2547). *ปรัชญาทั่วไป : มนุษย์โลกและความหมายของชีวิต* (พิมพ์ครั้งที่ 17). กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.

ศุภลักษณ์ วัฒนาวิทวัส. (2542). *วิทยาศาสตร์เพื่อคุณภาพชีวิต*. กรุงเทพฯ: เธริดเว็ฟเอ็ดดุคุชั่น.

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2557). *สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์*. เข้าถึงได้จาก http://www.stemedthailand.org

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2562). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา (2559-2561)*. เข้าถึงได้จาก www.onetresult.niets.or.th

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *คู่มือวัดและประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *“สะเต็มศึกษา” [STEM Education]*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี .

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *โครงการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา 2,250 โรงเรียน*. เข้าถึงได้จาก http://www.stem edthailand.org/wp-content/uploads/2016/07/STEM-Policy.pdf

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2551). การสอนวิทยาศาสตร์โดยเน้นทักษะกระบวนการ. ภาควิชาชีววิทยาและหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, *วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์ปีที่ 8*, *8*(2), 28-38.

สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2556). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. เข้าถึงได้จาก http://ejournals.swu.ac.th/index.php/JSTEL/ article/view/4078

สมนึก ภัททิยธนี. (2551). *การวัดผลการศึกษา*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสาหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2554). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. ชลบุรี: ภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา*. ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ [สศช.]. (2559). *"แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 พ.ศ. 2555-2559"*. เข้าถึงได้จาก http://www.nesdb.go.th/download/ article/article_20160323112431.pdf

สิรินภา กิจเกื้อกูล. (2558). สะเต็มศึกษา (ตอนที่ 2) การบูรณาการสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17*(2), 201-207.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2555). การสอนเคมี : การเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นศูนย์กลางและการวัดผลแบบ formative. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 40* (179), 44-46.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2556) *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21*. เข้าถึงได้จาก https://library.ipst.ac.th/bitstream/handle/ipst

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 42*, 3.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2558). *การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษากับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21*. เข้าถึงได้จาก https://library.ipst.ac.th/handle/ipst/618

อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อาทิตยา คำมามุง. (2560). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องปฏิกิริยาเคมี และการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยรังสิต.

Anderson, W., & Krathwohl, R. (2001). *A Taxonomy for Learning, Teaching and Assessing: a Revision of Bloom's Taxonomy*. Newyork. Longman Punblishing.

Bloom, B., Englehart, M. Furst, E., Hill, W., & Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of educational objective: The classification of educational goals. Handbook I: Cognitive domain*. Newyork, Toronto: Longman, Green.

Bonem, J. M. (2008). *Process Engineering Problem Solving: Avoiding "The Problem Went Away, but it Came Back" Syndrome*. New Jersey, USA: Wiley-Interscience.

Robert M. Capraro, Mary Margaret Capraro & James R. Morgan. (2013). *STEM Project-based learning*. Texas: Sense publisher.

Chonkaew, P., Sukhummek, B., & Faikhamta, C. (2016). Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11 students through science technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*.

Cox, C., Birdy, R., Christian, S., and Anita, S. (2016). Using Mathematics and Engineering to Solve Problems in Secondary Level Biology. *Journal of STEM Education: Innovations and Research, 17*, 22.

Dewey, A. L. (2014). *Attitudes, Interest, and Perceived Self-efficacy toward Science of Middle School Minority Female Students : Considerations for their Low Achievement and Participation in STEM Disciplines. Dissertation Ed.D. San Diego : Universityof California, 2013*., from https://eric. ed.gov/? id=ED561757>28 January

Diana, L. R. (2012). " *lntegrated STEM Education through Project-Based Learning" lntergrated STEM education through Project-Based Learning*. from http:,7wriwv.rondout.k12. ny.us/common/page/DisplayFite.aspx?item[d=16466975

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(Doctoral dissertation)*. California:University of California.

Gagne, R. M. (1977). *The conditioning of learning* (3rd ed). New York: Holt, Rinchart and Winson.

Haladyna, T., & Shaughnessy, J. (1982). Attitudes toward science: A quantitative Synthesis. *Science Education*, *66*, 547-563.

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*, *13*(5), 1089-1113.

Lantz, H. B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?*. from http://www.currtechintegrations. com/pdf/STEMEducationArticle.pdf

Museum of Science. (2007). *Engineer is elementary: Engineering for children*. from www.mos.org/eie/index.php.

Scott, C. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High School in the U.S.. *Journal of STEM Education*, *13*(5), 30- 39.

Sharp, J. J. (1991). Methodologies for Problem Solving: An Engineering Approach. The Vocational Aspect of Education, *Journal of Vocational Education and Training*, *43*(1), 147-157.

Tseng, K., Chang, C., Lou, S. & Chen, W. (2011). Attitudes toward science, technology, engineering and mathematics (STEM) in a project-based learning (PjBL) environment. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *23*, 87-102.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือ

1. ดร. สมศิริ สิงห์ลพ	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผศ.น.ต. ดร.พงษ์เทพ จิระโร	อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. นางสาวจุรี ทวีธนวาณิชย์	ครูผู้สอน วิชา เคมี ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนอัสสัมชัญศรีราชา อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี
4. นางสาวพรพัฒน์ ภูษิตธนานันท์	ครูผู้สอน วิชา เคมี ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โรงเรียนวัดโสธรวรารามวรวิหาร อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา
5. นางสาวนาตยา โสภาโชติ	ครูผู้สอนวิชา เคมี ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5-6 โรงเรียนดาราสมุทร อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

(สำเนา)

ที่ อว 81218/ว. 0809

คณะศึกษาศาสตร์ หาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130

2 กรกฎาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร. สมศิริ สิงห์ลพ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย 1 ชุด

ด้วยนางสาวพรทิพย์ สังเกตุ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับการอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยอยู่ความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0 3839 3486, 0 3810 2069

โทรสาร 0 3839 3485

ผู้วิจัย 082 2038456

(สำเนา)

ที่ อว 81218/ว. 0809

คณะศึกษาศาสตร์ หาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130

2 กรกฎาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.น.ต. ดร.พงษ์เทพ จิระโร

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย 1 ชุด

ด้วยนางสาวพรทิพย์ สังเกตุ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับการอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยอยู่ความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ชวยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0 3839 3486, 0 3810 2069

โทรสาร 0 3839 3485

ผู้วิจัย 082 2038456

(สำเนา)

ที่ อว 81218/ว. 0809

คณะศึกษาศาสตร์ หาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130

2 กรกฎาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นางสาวจุรี ทวีธนวาณิชย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย 1 ชุด

ด้วยนางสาวพรทิพย์ สังเกตุ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับการอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยอยู่นความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0 3839 3486, 0 3810 2069

โทรสาร 0 3839 3485

ผู้วิจัย 082 2038456

(สำเนา)

ที่ อว 81218/ว. 0809

คณะศึกษาศาสตร์ หาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130

2 กรกฎาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นางสาวพรพัฒน์ ภูษิตธนานันท์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย 1 ชุด

ด้วยนางสาวพรทิพย์ สังเกตุ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับการอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยอยู่ความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้

โทรศัพท์ 0 3839 3486, 0 3810 2069

โทรสาร 0 3839 3485

ผู้วิจัย 082 2038456

(สำเนา)

ที่ อว 81218/ว. 0809

คณะศึกษาศาสตร์ หาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20130

2 กรกฎาคม 2563

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นางสาวนาตยา โสภาโชติ

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย 1 ชุด

ด้วยนางสาวพรทิพย์ สังเกตุ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับการอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5” โดยอยู่ความควบคุมดูแลของ ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

รองคณบดีฝ่ายวิชาการ ปฏิบัติการแทน

คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0 3839 3486, 0 3810 2069
โทรสาร 0 3839 3485
ผู้วิจัย 082 2038456

(สำเนา)

ที่ อว 8137 / 340

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

10 กรกฎาคม 2563

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อหาคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนดาราสมุทร

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วยนางสาวพรทิพย์ สังเกตุ รหัสนิสิต 61910085 หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมี ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการหาคุณภาพจากเครื่องมือวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์แบบปกติ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 40 คน ระหว่างวันที่ 13-17 กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๖๓ ทั้งนี้ สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้น ได้ที่เบอร์โทร 082-2038456

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) นุจรี ไชยมงคล

(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร 038 270 000 ต่อ 707,705
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

(สำเนา)

ที่ อว 8137 / 340

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

30 ตุลาคม 2563

เรื่อง ขออนุญาตเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนดาราสมุทร

สิ่งที่ส่งมาด้วย 1. เอกสารรับรองจริยธรรมของมหาวิทยาลัยบูรพา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย (หาคุณภาพ)

ด้วยนางสาวพรทิพย์ สังเกตุ รหัสนิสิต 61910085 หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ ได้รับอนุมัติเค้าโครงวิทยานิพนธ์ เรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมี ดร.ภัทรภร ชัยประเสริฐ เป็นประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และเสนอโรงเรียนท่านในการเก็บข้อมูลเพื่อดำเนินการวิจัยนั้น

ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา จึงขออนุญาตให้นิสิตดังรายนามข้างต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์แบบปกติภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียนรวม 40 คน ระหว่างวันที่ 30 พฤศจิกายน 2563 - 8 มกราคม 2564 ทั้งนี้สามารถติดต่อนิสิตดังรายนามข้างต้นได้ที่เบอร์โทร 082-2038456

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบและโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ลงชื่อ) นุจรี ไชยมงคล
(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติการแทน
อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
โทร 038 270 000 ต่อ 707,705
E-mail: grd.buu@go.buu.ac.th

ภาคผนวก ข

- ตารางแสดงค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้
- ตารางแสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง *(IOC)*
- ตารางแสดงค่าอำนาจจำแนก *(D)* และค่าความยากง่าย *(P)* และค่าความเชื่อมั่น
- ตารางแสดงคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- ตารางแสดงผลการคำนวณหาค่า *t*-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ตารางที่ ข-1 แสดงผลการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายการประเมิน	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**					**เฉลี่ย**	**SD**	**ระดับความเหมาะสม**
	คนที่1	**คนที่2**	**คนที่3**	**คนที่ 4**	**คนที่5**			
1. ผลการเรียนรู้	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
2. จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
3. สาระการเรียนรู้	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
4. ความคิดรวบยอด	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5. กระบวนการจัดการเรียนรู้	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.1 ขั้นที่ 1 การระบุปัญหา	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.2 ขั้นที่ 2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.3 ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา	5	5	5	4	5	4.80	0.45	เหมาะสมมากที่สุด
5.4 ขั้นที่ 4 ทดสอบและประเมิน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
5.5 ขั้นที่ 5 นำเสนอผลลัพธ์	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด

ตารางที่ ข-1 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					เฉลี่ย	SD	ระดับความเหมาะสม
	คนที่1	คนที่2	คนที่3	คนที่ 4	คนที่5			
6. สื่อการสอน	5	5	5	4	4	4.60	0.55	เหมาะสมมากที่สุด
7. แหล่งการเรียนรู้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	เหมาะสมมาก
8. วิธีการวัดและประเมินผล	5	5	5	4	3	4.40	0.89	เหมาะสมมาก
ภาพรวม						**4.57**	**0.57**	**เหมาะสมมากที่สุด**

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าอยู่ระหว่าง 4.40 - 4.80 อยู่ในระดับเหมาะสมมากถึงเหมาะสมมากที่สุดและค่าความเหมาะสมเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ คือ 4.57 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ข-2 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จุดประสงค์	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	*IOC* ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. บอกความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
	6	1	1	1	1	1	5	1.00
	7	1	1	1	1	1	5	1.00
2. ทำการทดลองเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลาและแปลความหมายจากกราฟ	8	1	1	1	1	0	4	0.80
	9	1	1	1	1	1	5	1.00
3. อธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์และทฤษฎีการชน	10	0	1	1	1	1	4	0.80
	11	1	1	1	1	1	5	1.00
	12	1	1	1	1	1	5	1.00
	13	1	1	1	1	0	4	0.80
	14	1	1	1	1	0	4	0.80
	15	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

จุดประสงค์	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	*IOC* ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
4. แปลความหมายจากกราฟ	16	1	1	1	1	1	5	1.00
แสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงาน	17	1	1	1	1	1	5	1.00
กับการดำเนินไปของปฏิกิริยา	18	1	1	1	1	0	4	0.80
และระบุได้ว่าเป็นปฏิกิริยา	19	1	1	1	1	1	5	1.00
ประเภทดูดพลังงานหรือคาย	20	1	1	1	1	1	5	1.00
พลังงานได้	21	0	1	1	1	0	3	0.60
	22	1	1	1	1	-1	4	0.80
	23	1	1	1	1	-1	4	0.80
5. คำนวณหาอัตราการ								
เกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย อัตราการ	24	1	1	1	1	1	5	1.00
เกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใด	25	1	1	1	1	0	4	0.80
ขณะหนึ่ง และอัตราการ	26	1	1	1	1	0	4	0.80
เกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่ง	27	1	1	1	1	0	4	0.80
ของเวลาได้								
6. อธิบายธรรมชาติของสารตั้ง								
ต้น ความเข้มข้นของสารตั้งต้น	28	1	1	1	1	1	5	1.00
พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ	29	1	1	1	1	1	5	1.00
ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีและตัวหน่วง	30	1	0	1	1	1	4	0.80
ปฏิกิริยาเคมี ที่มีผลต่ออัตราการ	31	1	1	1	1	1	5	1.00
เกิดปฏิกิริยาเคมีได้	32	1	1	1	1	1	5	1.00
	33	1	1	1	1	1	5	1.00
	34	1	1	1	1	1	5	1.00
	35	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

จุดประสงค์	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	*IOC* ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	37	1	1	1	1	1	5	1.00
	38	1	1	1	1	1	5	1.00
	39	1	1	1	1	1	5	1.00
	40	1	1	1	1	1	5	1.00
	41	1	1	1	1	1	5	1.00
7. อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน หรืออุตสาหกรรมได้	42	1	1	1	1	-1	3	0.60
	43	1	1	1	1	-1	5	1.00
	44	1	1	1	1	1	5	1.00
	45	1	1	1	1	1	5	1.00
12. ระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	46	1	1	1	1	1	5	1.00
	47	1	1	1	1	1	5	1.00
	48	1	1	1	1	1	5	1.00
	49	1	1	1	1	1	5	1.00
	50	1	1	1	1	1	5	1.00
	51	1	1	1	1	1	5	1.00
	52	1	1	1	1	1	5	1.00
	53	1	1	1	1	1	5	1.00
	54	1	1	1	1	0	4	0.80
	55	1	1	1	1	0	4	0.80
	56	1	1	1	1	0	4	0.80

ตารางที่ ข-2 (ต่อ)

จุดประสงค์	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	*IOC* ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
13. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยา และอธิบายการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวข้องกับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี	57	1	1	1	1	0	4	0.80
	58	1	1	1	1	1	5	1.00
	59	1	1	1	1	1	5	1.00
	60	1	1	1	1	0	4	0.80

จากการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้และพฤติกรรมที่ต้องการวัดของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี พบว่าค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ตารางที่ ข-3 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 60 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.45	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	21	0.58	0.35	ใช้ได้	10
2	0.10	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	22	0.53	0.45	ใช้ได้	11
3	0.30	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	23	0.73	0.25	ใช้ได้	12
4	0.33	0.55	ใช้ได้	1	24	0.30	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
5	0.15	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	25	0.30	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
6	0.50	0.30	ใช้ได้	2	26	0.63	0.35	ใช้ได้	13
7	0.30	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	27	0.50	0.50	ใช้ได้	14
8	0.45	0.40	ใช้ได้	3	28	0.53	0.25	ใช้ได้	15
9	0.55	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	29	0.48	0.55	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
10	0.33	0.45	ใช้ได้	4	30	0.30	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
11	0.20	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	31	0.58	0.25	ใช้ได้	16
12	0.58	0.45	ใช้ได้	5	32	0.45	0.60	ใช้ได้	17
13	0.68	0.55	ใช้ได้	6	33	0.55	0.40	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
14	0.68	0.35	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	34	0.18	0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
15	0.53	0.25	ใช้ได้	7	35	0.28	0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
16	0.58	0.35	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	36	0.63	0.55	ใช้ได้	18
17	0.30	0.40	ใช้ได้	8	37	0.50	0.30	ใช้ได้	19
18	0.43	0.45	ใช้ได้	9	38	0.48	0.45	ใช้ได้	20
19	0.48	0.35	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	39	0.73	0.35	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
20	0.88	0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	40	0.53	0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

ตารางที่ ข-3 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
41	0.55	0.30	ใช้ไม่ได้	21	51	0.55	0.30	ใช้ได้	26
42	0.40	0.60	ใช้ได้	22	52	0.50	0.70	ใช้ได้	27
43	0.25	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	53	0.13	-0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
44	0.23	0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	54	0.40	0.50	ใช้ได้	28
45	0.18	-0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	55	0.30	-0.20	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
46	0.70	0.30	ใช้ได้	23	56	0.68	0.35	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
47	0.43	0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	57	0.35	0.30	ใช้ได้	29
48	0.78	0.45	ใช้ได้	24	58	0.38	-0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
49	0.75	0.30	ใช้ได้	25	59	0.40	0.50	ใช้ได้	30
50	0.58	0.55	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	60	0.55	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

จากผลการวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ถูกคัดเลือก 30 ข้อ มีค่าความยากง่าย (*P*) อยู่ระหว่าง 0.33 - 0.78 และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.25 - 0.70 และเมื่อหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้วิธีการของโลเวทท์ (Lovett's method) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.89

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของแบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ตารางที่ ข-4 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับทักษะของแบบวัดกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ทักษะกระบวนกาวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	*IOC* ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
	6	1	1	1	1	1	5	1.00
	7	1	1	1	1	0	4	0.80
	8	0	1	1	1	1	4	0.80
2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	9	1	1	1	1	0	4	0.80
	10	1	1	1	1	1	5	1.00
	11	1	1	1	1	1	5	1.00
	12	1	1	1	1	0	4	0.80
	13	1	1	1	1	-1	3	0.60
	14	1	1	1	1	0	4	0.80
	15	1	1	1	1	1	5	1.00
3. ทักษะการกำหนดตัวแปรและควบคุมตัวแปร	16	1	1	1	1	1	5	1.00
	17	1	1	1	1	1	5	1.00
	18	1	1	1	1	1	5	1.00
	19	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

ทักษะกระบวนกาวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	*IOC* ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	20	1	1	1	1	1	5	1.00
	21	1	1	1	1	1	5	1.00
	22	1	1	1	1	0	4	0.80
	23	0	1	1	1	1	4	0.80
	24	1	1	1	1	1	5	1.00
4. ทักษะการทดลอง	25	1	1	1	1	1	5	1.00
	26	1	1	1	1	1	5	1.00
	27	1	1	0	1	0	3	0.60
	28	1	1	1	1	0	4	0.80
	29	1	1	1	1	1	5	1.00
	30	1	1	1	1	1	5	1.00
	31	1	1	1	1	1	5	1.00
	32	1	1	1	1	1	5	1.00
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	33	1	1	1	1	1	5	1.00
	34	1	1	1	1	1	5	1.00
	35	1	1	1	1	1	5	1.00
	36	1	1	1	1	0	4	0.80
	37	1	1	1	1	1	5	1.00
	38	1	1	1	1	1	5	1.00
	39	1	1	1	1	1	5	1.00
	40	1	1	1	1	1	5	1.00

จากการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของแบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

ตารางที่ ข-5 การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ จำนวน 40 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.70	0.50	ใช้ได้	1	21	0.50	0.40	ใช้ได้	13
2	0.48	0.25	ใช้ได้	2	22	0.65	0.30	ใช้ได้	14
3	0.43	0.35	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	23	0.30	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
4	0.30	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	24	0.50	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
5	0.43	0.45	ใช้ได้	3	25	0.58	0.35	ใช้ได้	15
6	0.45	0.50	ใช้ได้	4	26	0.58	0.35	ใช้ได้	16
7	0.55	0.30	ใช้ได้	5	27	0.10	0.00	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
8	0.40	0.60	ใช้ได้	6	28	0.75	0.30	ใช้ได้	17
9	0.50	0.60	ใช้ได้	7	29	0.23	0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
10	0.53	0.35	ใช้ได้	8	30	0.18	-0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
11	0.73	0.55	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	31	0.50	0.60	ใช้ได้	ตัดทิ้ง
12	0.28	0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	32	0.35	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
13	0.68	0.55	ใช้ได้	9	33	0.58	0.65	ใช้ได้	18
14	0.23	0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	34	0.18	-0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
15	0.50	0.50	ใช้ได้	10	35	0.53	0.65	ใช้ได้	19
16	0.30	-0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	36	0.30	0.10	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
17	0.45	0.50	ใช้ได้	ตัดทิ้ง	37	0.08	-0.05	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
18	0.33	-0.35	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง	38	0.45	0.30	ใช้ได้	20
19	0.63	0.65	ใช้ได้	11	39	0.33	-0.25	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง
20	0.48	0.55	ใช้ได้	12	40	0.48	0.15	ใช้ไม่ได้	ตัดทิ้ง

จากผลการวิเคราะห์แบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการที่ถูกคัดเลือก 20 ข้อ มีค่าความยากง่าย (*P*) อยู่ระหว่าง 0.40 - 0.73 และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ตั้งแต่ 0.25 - 0.65 และเมื่อหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบวัดทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยใช้วิธีการของโลเวทท์ (Lovett's method) ได้ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับเท่ากับ 0.78

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

ตารางที่ ข-6 แสดงผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (*IOC*) ระหว่างข้อคำถามกับด้านองค์ประกอบเจตคติของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

องค์ประกอบ	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	*IOC* ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
1. ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมี	1	1	1	1	1	1	5	1.00
	2	1	1	1	1	1	5	1.00
	3	1	1	1	1	1	5	1.00
	4	1	1	1	1	1	5	1.00
	5	1	1	1	1	1	5	1.00
	6	1	1	-1	1	1	3	0.60
	7	1	1	1	1	1	5	1.00
	8	1	1	-1	1	1	3	0.60
2. การเห็นความสำคัญต่อวิชาเคมี	9	1	1	1	1	1	5	1.00
	10	1	1	-1	1	0	2	0.40
	11	1	1	1	1	1	5	1.00
	12	1	1	1	1	1	5	1.00
	13	1	1	-1	1	1	3	0.60
	14	1	1	1	1	0	4	0.80
	15	1	1	1	1	1	5	1.00
	16	1	1	-1	1	0	2	0.40
3. ความสนใจในวิชาเคมี	17	1	1	1	1	1	5	1.00
	18	1	1	1	1	1	5	1.00
	19	1	1	1	1	1	5	1.00
	20	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-6 (ต่อ)

องค์ประกอบ	ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					$\sum R$	*IOC* ($\sum$R/N)
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		
	21	1	1	1	1	1	5	1.00
	22	1	1	1	1	1	5	1.00
	23	1	1	1	1	1	5	1.00
	24	1	1	1	-1	1	3	0.60
4. การนิยมชมชอบต่อวิชาเคมี	25	1	1	1	1	1	5	1.00
	26	1	1	1	1	1	5	1.00
	27	1	1	1	1	1	5	1.00
	28	1	1	1	1	1	5	1.00
	29	1	1	1	1	1	5	1.00
	30	1	0	1	1	0	3	0.60
	31	1	1	1	1	1	5	1.00
	32	1	1	1	1	1	5	1.00
5. การแสดงออกหรือการมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี	33	1	1	1	1	1	5	1.00
	34	1	1	1	1	1	5	1.00
	35	1	1	1	1	1	5	1.00
	36	1	1	1	1	1	5	1.00
	37	1	0	1	1	1	4	0.80
	38	1	1	1	1	1	5	1.00
	39	1	1	1	1	1	5	1.00
	40	1	1	1	1	0	4	0.80

จากการวิเคราะห์ความสอดคล้อง (*IOC*) แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี มีค่าอยู่ระหว่าง 0.60 - 1.00

การวิเคราะห์ ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นแบบอิงเกณฑ์ของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

ตารางที่ ข-7 แสดงค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

ข้อ	*r*
1	0.48
2	0.57
3	0.73
4	0.73
5	0.42
6	0.50
7	0.70
8	0.62
9	0.75
10	0.59
11	0.72
12	0.81
13	0.48
14	0.50
15	0.61
16	0.64
17	0.51
18	0.57
19	0.68
20	0.71

ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

การคำนวณหาค่า *t*-test โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ตารางที่ ข-8 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pretest	9.08	40	2.683	.424
Posttest	23.35	40	1.968	.311

Paired Samples Test

Paired Differences								
				95% Confidence Interval of the Difference				
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Posttest - Pretest	14.275	2.439	.385	13.495	15.055	37.018	39	.000

ตารางที่ ข-9 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนกับเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 (21 คะแนนจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	40	23.35	1.968	.311

One-Sample Test

	Test Value = 21					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Posttest	4.457	39	.000	1.350	.74	1.96

ตารางที่ ข-10 แสดงการคำนวณหาค่า *t*-test ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Posttest	14.68	40	1.716	.271
Pretest	8.62	40	2.959	.468

Paired Samples Test

Paired Differences						t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Posttest - Pretest	6.050	2.698	.427	5.187	6.913	14.182	39	.000

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี
- แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ
- แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2563 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
วิชา เคมี 3 (เพิ่มเติม) รหัสวิชา ว 32221 ครูผู้สอน นางสาวพรทิพย์ สังเกตุ
หน่วยที่ 2 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 14 ชั่วโมง

****

1. มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 5.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด–เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้ารวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยี เพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหา หรือ พัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสม โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 8.2 เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงอย่างเป็น ขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

ผลการเรียนรู้

1. เขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา
2. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา
3. เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
4. อธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
5. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา
6. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

2. จุดประสงค์การเรียนรู้ (K P A)

1. บอกความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ (K)

2. ทำการทดลองเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลาและแปลความหมายจากกราฟ (K)

3. อธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยใช้ทฤษฎีจลน์และทฤษฎีการชน (K)

4. แปลความหมายจากกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา และระบุได้ว่าเป็นปฏิกิริยาประเภทดูดพลังงานหรือคายพลังงานได้ (K)

5. คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง และอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่งของเวลาได้ (K)

6. อธิบายธรรมชาติของสารตั้งต้น ความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ (K)

7. อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมได้ (K)

8. สามารถรวบรวมข้อมูล จัดกระทำ และนำเสนอข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี (P)

9. สามารถระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องการเกิดปฏิกิริยาเคมี และออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (P)

10. ใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี (P)

11. นักเรียนสามารถออกแบบ เลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม และนำเสนอชิ้นงานที่สร้างขึ้นได้ (P)

12. ระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (K)

13. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยา และอธิบายการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวข้องกับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี (K)

14. นักเรียนมีความซื่อสัตย์สุจริต มีวินัย ใฝ่เรียนรู้ และมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียน (A)

3. ความคิดรวบยอด

ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ของสารนั้น ๆ ในสมการเคมี เพื่อให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจวัด เป็นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ยหรืออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ณ ขณะหนึ่ง ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้เมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและมีพลังงานจลน์ ของอนุภาคที่ชนมากพอตามทฤษฎีการชน เมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันจะมีพลังงานศักย์สูงขึ้นจนถึงสถานะแทรนซิชันตามทฤษฎีสถานะแทรนซิชันซึ่งพลังงานก่อกัมมันต์เปรียบเทียบได้จากผลต่างของพลังงานศักย์ที่สถานะแทรนซิชันกับสถานะเริ่มต้น

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหนึ่ง ๆ คือ ความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรมต่าง ๆ

4.สาระการเรียนรู้

ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อ 1 หน่วยเวลา และหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ของสารนั้น ๆ ในสมการเคมี เพื่อให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์

ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ปริมาณของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปต่อหน่วยเวลา อัตราการเกิดปฏิกิริยาสามารถบอกได้ 3 กรณี คือ

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย คือ ค่าที่แสดงถึงการลดลงของสารตั้งต้นหรือเพิ่มขึ้นของสารผลิตภัณฑ์ตั้งแต่เริ่มต้นจนสิ้นสุด ปฏิกิริยาต่อหนึ่งหน่วยเวลา

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง คือค่าที่แสดงถึงการลดลงของสารตั้งต้นหรือเพิ่มขึ้นของสารผลิตภัณฑ์ ณ เวลา ใดเวลาหนึ่งขณะที่ปฏิกิริยาดำเนินอยู่

3. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่งของเวลา คือ ค่าที่แสดงถึงการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มของสารผลิตภัณฑ์ ณ เวลาใดเวลาหนึ่งในช่วงสั้น ๆ อัตราการเกิดปฏิกิริยาที่จุดใดจุดหนึ่งของเวลาหาได้จากกราฟ คือ ความชัน(slope)ของกราฟ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- ทฤษฎีการชนเป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ การเกิดปฏิกิริยาขึ้นได้นั้นอนุภาคของสารตั้งต้นเคลื่อนที่มาชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและต้องมี

พลังงานจลน์เกิดขึ้นมีค่าสูงพลังงานนี้ต้องมีมากเกินพอที่จะสลายพันธะเดิมแล้วสร้างพันธะใหม่ เรียกว่า พลังงานก่อกัมมันต์

พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี

- ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสมและมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับทิศทางการชนและพลังงานที่เกิดจากการชน
- ขั้นกำหนดอัตราสำหรับปฏิกิริยาเคมีที่หลายขั้นตอนหรือมีกลไกในการเกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาขึ้นอยู่กับกลไกขั้นตอนที่เกิดช้าที่สุดเป็น เกณฑ์ เรียกว่า “ขั้นกำหนดอัตรา”

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

- ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยถ้าสารตั้งต้นมีความเข้มข้นต่ำ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะช้า แต่ถ้าสารตั้งต้นมีความเข้มข้นสูง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเร็ว
- พื้นที่ผิวของของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยถ้าสารตั้งต้นมีพื้นที่ผิวน้อยอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะช้า แต่ถ้าสารตั้งต้นมีพื้นที่ผิวมากอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเร็ว
- อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะมีค่ามากขึ้น และเมื่ออุณหภูมิต่ำลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะมีค่าลดลง
- ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วขึ้น เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา สารนั้นจะกลับมามีสมบัติเหมือนเดิมและปริมาณเท่าเดิม
- ตัวหน่วงปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดช้าลง เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาสารนั้นจะกลับมามีสมบัติเหมือนเดิมและปริมาณเท่าเดิม
- ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน และในอุตสาหกรรมได้

5. กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา		**ชั่วโมงที่ 1**
กิจกรรมการเรียนรู้	**การบูรณาการสะเต็มศึกษา** (STEM Education)	**ภาระงาน/ชิ้นงาน**
1) ครูชี้แจงจุดประสงค์ ข้อตกลง และทำความเข้าใจ เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) เพื่อสร้างความเข้าใจให้กับนักเรียน ซึ่งนำไปสู่การทำกิจกรรมได้อย่างถูกต้อง	**วิทยาศาสตร์ (S)** **ปฏิกิริยาเคมี**แต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อ 1 หน่วยเวลา	- เอกสาร ประกอบการเรียน เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2) แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มๆละ 5-6 คน โดยคละความสามารถ เก่ง ปานกลาง และอ่อน และแบ่งหน้าที่หัวหน้ากลุ่ม รองหัวหน้ากลุ่ม เลขานุการ เหรัญญิก และคนรายงานผล		
3) นักเรียนชมวิดีทัศน์ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน จากนั้นร่วมอภิปรายที่สังเกตเห็นในประเด็นคำถามต่อไปนี้ 3.1 การเกิดปฏิกิริยาเคมีคืออะไร (แนวตอบ คือกระบวนที่สารเคมีเกิดการเปลี่ยนแปลงและส่งผลให้เกิดสารใหม่ขึ้นมา ซึ่งสารใหม่มีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไปจากเดิม) 3.2 ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้อย่างไร (แนวตอบ การเกิดปฏิกิริยาเคมีจะต้องมีสารตั้งแต่สองตัวขึ้นไปและทำปฏิกิริยาเคมีต่อกันทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมีก่อตัวเป็นสารใหม่เรียกว่า ผลิตภัณฑ์)		

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)	ภาระงาน/ชิ้นงาน
3.3 วิธีที่ใช้สังเกตการณ์เกิดปฏิกิริยาเคมีมีวิธีอะไรบ้าง (แนวตอบ สีที่เปลี่ยนไปจากเดิม , กลิ่น, การตกตะกอน ,การเกิดฟองแก๊ส , การเกิดระเบิดและอุณหภูมิ) 3.4 สิ่งใดเป็นตัวกำหนดว่าปฏิกิริยาเคมีปฏิกิริยาหนึ่งจะเกิดได้เร็วหรือช้า” ให้นักเรียนร่วมกันตอบคำถาม (แนวตอบ ได้เร็วหรือช้า คือ อัตราการลดลงของสารตั้งต้นหรืออัตราการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ในหนึ่งหน่วยเวลาหรืออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 3.5 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถวัดได้จากสิ่งใด (แนวตอบ : อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถวัดได้จากปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงหรือปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น) 3.6 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีบอกว่าเกิดเร็วหรือช้าเปรียบเสมือนการเคลื่อนที่ของเรือไปได้ช้าหรือเร็ว ดังนั้นถ้าเราต้องการให้เรือเคลื่อนที่โดยอาศัยปฏิกิริยาเคมีได้หรือไม่ (แนวการตอบ ได้ เพราะในการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะสามารถบอกได้ว่ามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดได้เร็วหรือช้าโดยการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเช่นเดียวกับการเคลื่อนที่ของเรือ ถ้าอยากทราบว่ารถเคลื่อนที่ได้เร็วหรือช้าจะต้องวัดระยะทางกับเวลาในการเคลื่อนที่ของเรือ		

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)	ภาระงาน/ชิ้นงาน
4) นักเรียนช่วยกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นจากความรู้ที่มีอยู่ โดยครูบันทึกคำตอบลงบนกระดาน จากนั้นครูสรุปคำตอบที่ถูกต้องเพื่อได้ข้อมูลที่สมบูรณ์		
5) ครูนำเสนอสถานการณ์ “เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง” หน้าชั้นเรียนผ่านคลิปวิดีโอที่ครูเตรียมให้แก่นักเรียนดู		
6) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหา “เรื่องแล่นให้ไกลไปให้ถึง” เพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา วิเคราะห์ปัญหา ระบุเกณฑ์ และข้อจำกัด		
7) นักเรียนทำชุดกิจกรรม STEM จากสถานการณ์ “เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง”		-ชุดกิจกรรม STEM
สถานการณ์ “เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง”		
บริษัทผลิตของเล่นแห่งหนึ่งได้มีแนวคิดที่จะหาทางสร้างเรือพลังงานของเล่น และทางบริษัทต้องการสร้างเรือพลังงานของเล่นที่ไม่ใช้แบตเตอรี่ เพื่อนำเสนองานกับลูกค้า จึงได้ทำการคัดเลือกวิศวกรมาออกแบบและสร้างเรือของเล่นพลังงาน โดยใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่มีอยู่ในบ้าน ภายใต้ เรือพลังงาน โดยใช้ โฟม แผ่นพลาสติกแข็ง หรือวัสดุอุปกรณ์ที่นักสนใจในการออกแบบเรือด้วยรูปทรงทางเรขาคณิต หากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรของบริษัทจะออกแบบและสร้างเรือพลังงานอย่างไร พร้อมทั้งนำเสนอหลักการสร้างเรือพลังงาน โดยสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวจะต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ รูปแบบและงบประมาณที่กำหนด และเรือพลังงานเคลื่อนที่ได้เร็วที่สุดในระยะทาง 1 เมตร		
วัสดุอุปกรณ์ที่วิศวกรสามารถเลือกใช้ได้ภายในงบประมาณ 200 บาท		
ข้อกำหนด เรือของเล่นประหยัดพลังงานจะต้องใช้หลักในการเกิดปฏิกิริยาเคมี		

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)	ภาระงาน/ชิ้นงาน
1. โฟม	แผ่นละ	5 บาท
2. แผ่นพลาสติกแข็งสี	แผ่นละ	15 บาท
3. แผ่นไม้อัด	แผ่นละ	20 บาท
4. สายยาง	เส้นละ	10 บาท
5. ขวดพลาสติกขนาดใหญ่	ขวดละ	10 บาท
6. ขวดพลาสติก ขนาดเล็ก	ขวดละ	5 บาท
7. ดินน้ำมัน	ถุงละ	10 บาท
8. น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ความเข้มข้น 0.9 M	ขวดละ	10 บาท
9. น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ความเข้มข้น 0.09 M	ขวดละ	20 บาท
10. น้ำยาล้างห้องน้ำ (HCl) ความเข้มข้น 15%	ขวดละ	20 บาท
11. ผงฟู ($NaHCO_3$)	ถุงละ	20 บาท
12. เปลือกไข่($CaCO_3$)	ถุงละ	10 บาท
13. กาวลาแท็กซ์	ขวดละ	20 บาท
14.กาวแท่ง	หลอดละ	20 บาท
15. เทปลายการ์ตูน	อันละ	10 บาท
16. สีไม้ ปากาสีต่างๆ	กล่องละ	20 บาท
17. คัดเตอร์ กรรไกร	ชิ้นละ	20 บาท
18. ลูกโป่ง	ลูกละ	5 บาท

ขั้นที่2 การศึกษาค้นคว้าความรู้		**ชั่วโมงที่ 2- 6**
ชั่วโมงที่ 2 - 3		
1) นักเรียนร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแสวงหาความรู้จากการใช้เทคโนโลยี ห้องสมุด และเอกสารประกอบการเรียนโดยนักเรียนฝึกสืบค้นความรู้และสารสนเทศ เพื่อรวบรวมข้อมูล เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ทฤษฎีการชน และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	**วิทยาศาสตร์ (s)** **- การเกิดปฏิกิริยาเคมี** การเปลี่ยนแปลงสารในระบบเป็นผลิตภัณฑ์ ปฏิกิริยาเคมีจเกิดช้าหรือเร็วนั้นสังเกตได้จากปริมาณผลิตภัณฑ์	เอกสารประกอบการเรียน เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)	ภาระงาน/ชิ้นงาน
2) นักเรียนแต่ละกลุ่มรวบรวมข้อมูลพร้อมเอกสารอ้างอิง โดยร่วมกันอภิปรายในกลุ่ม เพื่อสร้างความเข้าใจในการสืบค้นข้อมูล และนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	หรือปริมาณสารตั้งต้นที่เกิดขึ้นใน 1 หน่วยเวลา **- การวัดปริมาณสารตั้งต้นลดลงหรือปริมาณสารผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น** อาจทำได้หลายวิธี เช่น ของแข็งใช้การชั่งมวล แก๊สใช้การวัดปริมาตร **- ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี** ปริมาณของสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ที่เปลี่ยนแปลงไปต่อหน่วยเวลา **- ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี** • ทฤษฎีการชน เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมี **- พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี**	ใบงานสรุปที่เป็นสารสนเทศในลักษณะของข้อมูล
3) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำข้อมูลที่ได้ศึกษา และรวบรวมอภิปรายผลการศึกษา เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ทฤษฎีการชน และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี หน้าชั้นเรียนซึ่งมีครูตรวจสอบความรู้		
ชั่วโมงที่ 4		
4)ครูขยายความรู้ โดยการใช้สื่อคลิปวิดิโอ จาก youtube (แหล่งข้อมูล https://www.youtube.com/watch?v=zi0iRJcbOAE&list) และกระตุ้นให้นักเรียนสามารถเข้าใจหลักในการเกิดปฏิกิริยาและอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วหรือช้า รวมถึงคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ด้วยตนเอง		
5) นักเรียนทำสรุป เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ทฤษฎีการชน และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีที่เป็นสารสนเทศในลักษณะของข้อมูลและกราฟิกที่อาจเป็นลายเส้น, สัญลักษณ์, กราฟ, แผนภูมิ ไดอะแกรม และแผนที่ฯลฯ		

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)	ภาระงาน/ชิ้นงาน
5) นักเรียนทำสรุป เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยา ทฤษฎีการชน และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีที่เป็นสารสนเทศในลักษณะของข้อมูลและกราฟิกที่อาจเป็นลายเส้น, สัญลักษณ์, กราฟ, แผนภูมิไดอะแกรม และแผนที่ฯลฯ	• ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสม และมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์	
ชั่วโมงที่ 5 – 6		
6) นักเรียนฝึกปฏิบัติการ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้สถานการณ์จำลองของ PhET ในการศึกษาการเกิดปฏิกิริยา	**เทคโนโลยี(T)** - การใช้เทคโนโลยีสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง - การใช้โปรแกรมสถานการณ์จำลองการเกิดปฏิกิริยา เพื่อนำไปสู่การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา	
7) นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันอภิปรายผลการฝึก ปฏิบัติการการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่ได้จากความรู้ เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ได้ไปศึกษาค้นคว้า เพื่อนำไปสู่ข้อมูลของการออกแบบและนำเสนอวิธีการคิดแก้ปัญหา		
8) นักเรียนทำชุดกิจกรรม STEM สถานการณ์ “เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี” เพื่อเขียนข้อมูลของการออกแบบและนำเสนอวิธีการคิดแก้ปัญหา	**วิศวกรรมศาสตร์ (E)** - ออกแบบและนำเสนอวิธีการคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด	ชุดกิจกรรม STEM
9) นักเรียนทำใบงาน เรื่องการเกิดปฏิกิริยาเคมี คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยา การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยา	**คณิตศาสตร์ (M)** - การคำนวณของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	แบบฝึกหัด ที่ 1 - 6

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)	ภาระงาน/ชิ้นงาน
ทฤษฎีการชน และพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมีเพื่อเป็นการทบทวนความรู้	- แปลค่าจากกราฟ	
ขั้นที่ 3 การวางแผนและพัฒนา		**ชั่วโมงที่ 7-10**
ชั่วโมงที่ 7		
1) นักเรียนร่วมกันทบทวน เพื่อสร้างองค์ความรู้เพิ่มเติม เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี เชื่อมโยงไปสู่ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากเอกสารประกอบการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา	**วิทยาศาสตร์(S)** **- ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี** • **ความเข้มข้น**ของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี • **พื้นที่ผิว**ของของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี • **อุณหภูมิ**มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี • **ตัวเร่ง**ปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วขึ้น • **ตัวหน่วง**ปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปแล้วทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดช้าลง	- เอกสารประกอบการเรียน เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี - ใบงานสรุปที่เป็นสารสนเทศในลักษณะของข้อมูล - แบบฝึกหัดที่ 7 - 10
2) นักเรียนทำสรุป เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่เป็นสารสนเทศในลักษณะของข้อมูลและกราฟิกที่อาจเป็นลายเส้น, สัญลักษณ์กราฟ, แผนภูมิ,ไดอะแกรม และแผนที่ฯลฯ		
3) นักเรียนทำแบบฝึกหัด เรื่อง ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี		
ชั่วโมงที่ 8		
4) นักเรียนนำความรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จากสารสนเทศที่ได้จากการรวบรวมข้อมูลมาร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน ดังนี้ 1. กำหนดขั้นตอนการดำเนินงาน 2. การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ งบประมาณ 3. ระยะเวลาที่ใช้ 4. ออกแบบวิธีการทดสอบประสิทธิภาพของผลงาน 5. การบันทึกข้อมูลลงในชุดกิจกรรม		

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)	ภาระงาน/ชิ้นงาน
STEM สถานการณ์ “เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง”	**ความรู้เกี่ยวกับปัจจัย**ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี อธิบายกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและในอุตสาหกรรมได้	- ชุดกิจกรรม STEM
ชั่วโมงที่ 9-10		
5) นักเรียนวางแผนและคิดออกแบบในการสร้างผลงานใช้กระดาษวาดภาพหรืออาจใช้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบ รวมทั้งเขียน เหตุผลแสดงความเป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ ตามเกณฑ์และสอดคล้องกับข้อจำกัด ลงในชุด กิจกรรม STEM สถานการณ์ “เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง”	**เทคโนโลยี(T)** - การใช้เทคโนโลยีสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ได้อย่างถูกต้อง - การใช้เทคโนโลยีช่วยในการออกแบบผลงาน	
6) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายถึงข้อดีข้อบกพร่องของแบบร่างผลงานในการแก้ปัญหา กำหนดแบบร่างผลงานต้นแบบทีมีความเป็นไปได้มากที่สุด และตรวจสอบผลลัพธ์ในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด โดยมีครูตรวจสอบและให้คำแนะนำ	**วิศวกรรมศาสตร์(E)** - ร่างผลงานในการแก้ปัญหา เพื่อกำหนดแบบ ร่างผลงานต้นแบบที่มีความ เป็นไปได้มากที่สุด และตรวจสอบผลลัพธ์ในการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด - ประดิษฐ์ผลงานตามแบบร่างผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม โดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีอยู่และเงื่อนไขต่าง ๆ	- ชุดกิจกรรม STEM
7) นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการประดิษฐ์ผลงานตามแบบร่าง โดยมีครูคอยกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการลงมือปฏิบัติ และแนะนำให้เขียน		

กิจกรรมการเรียนรู้	การบูรณาการสะเต็มศึกษา (STEM Education)	ภาระงาน/ชิ้นงาน
บันทึกการปฏิบัติงานลงในชุดกิจกรรม STEM สถานการณ์ “เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง”		
ขั้นที่ 4 การทดสอบและประเมินผล		**ชั่วโมงที่ 11- 12**
1) ครูตรวจสอบความเรียบร้อยของผลงานนักเรียนก่อนนำไปทดสอบและปรับปรุง โดยพิจารณาว่าผลงานสอดคล้องกับข้อจำกัดหรือไม่ หากไม่สอดคล้องหรือไม่บรรลุ นักเรียนต้องทดสอบและปรับปรุงให้เรียบร้อย โดยสามารถทดสอบได้ 2 ครั้ง การทดสอบครั้งที่ 1 ทดสอบเพื่อหาข้อบกพร่องของเรือของเล่น แล้วแก้ไขใหม่ การทดสอบครั้งที่ 2 เป็นการแข่งกันจริงของเรือของเล่นของกลุ่มนักเรียนที่เคลื่อนที่ได้ไกลที่สุดจะเป็นผู้ชนะ	**คณิตศาสตร์ (M)** - รูปทรงทางเรขาคณิต - วัดระยะทาง - การคำนวณงบประมาณในการสร้างผลงานให้คุ้มทุน	
ขั้นที่ 5 การนำเสนอผลลัพธ์		**ชั่วโมงที่ 13 – 14**
1) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์หน้าชั้นเรียน โดยการนำแนวคิด และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อมโยงกับศาสตร์ต่าง ๆ เช่น การนำความรู้วิทยาศาสตร์มาเชื่อมโยงกับความรู้ทางเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์		- นักเรียนนำเสนอผลงานในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์
2) นักเรียนนำความรู้ ผลงานที่สร้างขึ้นไปใช้ในการผลิตสื่อ สรุปกิจกรรม STEM ทั้งหมดตามความสนใจ เช่น video clip, power point, โปสเตอร์ เพื่อนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน และนำสื่อที่ใช้นำเสนอเผยแพร่		

6. สื่อการสอน

1) เอกสารประกอบการเรียน วิชาเคมี เพิ่มเติม 3 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2) ชุดกิจกรรม STEM สถานการณ์ “เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง”

3) www.youtube.com เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน

4) โปรแกรม PhET สถานการณ์จำลอง

4) วัสดุอุปกรณ์เพื่อสร้างสิ่งประดิษฐ์ สร้าง “เรือพลังงาน”

5) Microsoft PowerPoint

7. แหล่งการเรียนรู้

1) ห้องปฏิบัติการเคมี

2) ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์

3) ห้องสมุด

8. วิธีการวัดและประเมินผล

รายการ วัดผลและประเมินผล	**วิธีการ วัดผลและ ประเมินผล**	**เครื่องมือ วัดผลและ ประเมินผล**	**เกณฑ์ การประเมิน**
ด้านความรู้ (K) 1. บอกความหมายของอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี และคำนวณหา อัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ 2. ทำการทดลองเขียนกราฟแสดง ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสาร กับเวลาและแปลความหมาย จากกราฟ 3. อธิบายกลไกการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ทฤษฎีจลน์ และทฤษฎีการชน 4. แปลความหมายจากกราฟแสดง การเปลี่ยนแปลงพลังงานกับ การดำเนินไปของปฏิกิริยา และระบุได้ว่าเป็นปฏิกิริยา ประเภทดูดพลังงาน หรือคายพลังงานได้ 5. คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมีเฉลี่ย อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง และอัตรา การเกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่ง ของเวลาได้ 6. อธิบายธรรมชาติของสารตั้งต้น ความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ	1) การตรวจแบบฝึกหัด	1) แบบฝึกหัดที่ 1-10	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70

รายการ **วัดผลและประเมินผล (ต่อ)**	**วิธีการ** **วัดผลและ** **ประเมินผล**	**เครื่องมือ** **วัดผลและ** **ประเมินผล**	**เกณฑ์** **การประเมิน**
ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีและตัวหน่วง ปฏิกิริยาเคมีที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีได้ 7. อธิบายเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผล ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม ได้ 12. ระบุปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี 13. เปรียบเทียบอัตรา การเกิดปฏิกิริยาและอธิบาย การเปลี่ยนแปลงเกี่ยวข้องกับ ความเข้มข้น อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมี			
ด้านทักษะ (P) 8. สามารถรวบรวมข้อมูล จัดกระทำและนำเสนอข้อมูล โดยใช้กระบวนการวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการในการศึกษาเกี่ยวกับ การเกิดปฏิกิริยาเคมี 9. สามารถระบุปัญหาจาก สถานการณ์ที่เกี่ยวข้อง การเกิดปฏิกิริยาเคมี และออกแบบ วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการ แก้ปัญหา โดยใช้กระบวนการ ออกแบบทางวิศวกรรม 10. ใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ใน	1) การประเมินการ นำเสนอข้อมูลและ การอภิปรายผล 2) การประเมิน สิ่งประดิษฐ์ “เรือพลังงาน”	1) แบบประเมินผล การ ปฏิบัติงาน 2) แบบประเมิน การประดิษฐ์ ชิ้นงาน	- ผ่านเกณฑ์ ระดับดีขึ้นไป

รายการ **วัดผลและประเมินผล (ต่อ)**	**วิธีการ** **วัดผลและ** **ประเมินผล**	**เครื่องมือ** **วัดผลและ** **ประเมินผล**	**เกณฑ์** **การประเมิน**
การสร้างสิ่งประดิษฐ์ เพื่อ แก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ เกี่ยวข้องกับ การเกิดปฏิกิริยาเคมี			
ด้านจิตพิสัย (A) 17. นักเรียนมีความซื่อสัตย์สุจริต มีวินัย ใฝ่เรียนรู้และมีส่วนร่วมใน การทำกิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียน	1) การสังเกต พฤติกรรม ของนักเรียน	1) แบบประเมิน พฤติกรรม ของนักเรียน	- ผ่านเกณฑ์ ระดับดีขึ้นไป

แบบประเมินผลการปฏิบัติงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินประเมินความเหมาะสมของนักเรียนแต่ละกลุ่มแล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

กลุ่มที่	การออกแบบผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม			ความสำเร็จของงาน			ประสิทธิภาพของผลงาน			การนำเสนอผลงานและการสื่อสาร			การวางแผนและการร่วมมือในการทำงาน			รวม
1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	
2																
3																
4																
5																
6																
7																

เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนน 4– 7 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

คะแนน 8 – 11 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

คะแนน 12 – 15 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

เกณฑ์การประเมินผลการปฏิบัติงาน

รายการ ประเมิน	**คะแนน**		
	3(ดี)	**2(พอใช้)**	**1(ปรับปรุง)**
การออกแบบ ผ่านกระบวนการทางวิศวกรรม	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมที่มีการสืบค้นข้อมูลและเชื่อมโยงข้อมูลเพื่อเป็นพื้นฐานประกอบการตัดสินใจในการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่ขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ	มีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม แต่ยังขาดขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่งและขาดการสืบค้นข้อมูลก่อนการออกแบบ
ความสำเร็จของงาน	สามารถทำงานได้สำเร็จไปตามเงื่อนไขครบถ้วน ภายในเวลาที่กำหนด	สามารถทำงานได้สำเร็จไปตามเงื่อนไขครบถ้วน และใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนดเล็กน้อย	สามารถทำงานได้สำเร็จแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขทั้งหมดและใช้เวลาเกินกว่าที่กำหนด
ประสิทธิภาพของผลงาน	มีการออกแบบใช้งานได้จริงและเกิดปฏิกิริยาได้เร็ว	มีการออกแบบสามารถใช้งานได้และเกิดปฏิกิริยาได้ช้า	มีการออกแบบไม่สามารถใช้งานได้และเกิดปฏิกิริยาได้ช้า
การนำเสนอผลงาน และ การสื่อสาร	สามารถนำเสนฮผลงานได้อย่างน่าสนใจ สื่อสารได้อย่างชัดเจนและมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้อย่างน่าสนใจ แต่สื่อสารยังไม่ชัดเจน ขาดปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่ขาดความน่าสนใจและปฏิสัมพันธ์กับผู้ฟัง
การวางแผน และการร่วมมือ ในการทำงาน	มีการประชุมเพื่อวางแผนการทำงานแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบและมีการอภิปรายและลงข้อสรุปร่วมกัน	มีการประชุมเพื่อวางแผนการทำงานแบ่งหน้าที่ความรับผิดชอบ แต่ขาดการระดมความคิด และการลงข้อสรุปร่วมกัน	ลงมือปฏิบัติโดยไม่มีการวางแผนระดมความคิด และการลงข้อสรุปร่วมกัน

แบบประเมินชิ้นงาน

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินประเมินความเหมาะสมของนักเรียนแต่ละกลุ่มแล้วขีด ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

กลุ่มที่	**รายการประเมิน**												**รวม**	**ผลการประเมิน**	
	1. คุณสมบัติของชิ้นงาน				2. สร้างสรรค์จากสิ่งเร้าที่กำหนดให้ได้				3. ผลงาน					ผ่าน	ไม่ผ่าน
	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1			

เกณฑ์การประเมิน ดังนี้

คะแนน 3 – 5 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

คะแนน 6 – 9 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

คะแนน 10 – 12 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

รายการประเมิน	ระดับและเกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก (4)	ดี (3)	พอใช้ (2)	ปรับปรุง (1)
1. คุณสมบัติของชิ้นงาน	- ชิ้นงานมีคุณสมบัติครบ 4 ประการดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุได้คุ้มค่า ประหยัด 2. ชิ้นงานมีความสวยงาม ดึงดูดความสนใจ 3. สามารถพกพาได้สะดวก 4. สามารถใช้งานได้จริงทั้งห้อง	- ชิ้นงานมีคุณสมบัติ 3 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุได้คุ้มค่า ประหยัด 2. ชิ้นงานมีความสวยงาม ดึงดูดความสนใจ 3. สามารถพกพาได้สะดวก 4. สามารถใช้งานได้จริงทั้งห้อง	- ชิ้นงานมีคุณสมบัติ 2 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุได้คุ้มค่า ประหยัด 2. ชิ้นงานมีความสวยงาม ดึงดูดความสนใจ 3. สามารถพกพาได้สะดวก 4. สามารถใช้งานได้จริงทั้งห้อง	- ชิ้นงานมีคุณสมบัติ 1 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุได้คุ้มค่า ประหยัด 2. ชิ้นงานมีความสวยงาม ดึงดูดความสนใจ 3. สามารถพกพาได้สะดวก 4. สามารถใช้งานได้จริงทั้งห้อง
2. สร้างสรรค์จาก สิ่งเร้าที่กำหนดให้ได้	สามารถสร้างสรรค์ผลงานตามที่กำหนดและเป็นไปตามเงื่อนไข	สามารถสร้างสรรค์ผลงานตามที่กำหนดและเป็นไปตามเงื่อนไขบางส่วน	สามารถสร้างสรรค์ ผลงานตามที่กำหนดแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข	ไม่สามารถสร้างสรรค์ผลงานตามที่กำหนดแต่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไข
3. ผลงาน	เรือพลังงานเกิดปฏิกิริยาได้และเคลื่อนที่ได้ตามระยะทางที่กำหนด	เรือพลังงานเกิดปฏิกิริยาได้และเคลื่อนที่ได้ตามระยะทางได้น้อย	เรือพลังงานเกิดปฏิกิริยาได้และไม่สามารถเคลื่อนที่ได้	เรือพลังงานไม่เกิดปฏิกิริยาได้และไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

แบบประเมินพฤติกรรมของนักเรียน

คำชี้แจง : ให้ผู้ประเมินสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

โดย - พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ ให้ 3 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง ให้ 2 คะแนน
- พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง ให้ 1 คะแนน
- พฤติกรรมที่ไม่ได้ปฏิบัติ ให้ 0 คะแนน

รายการประเมิน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
		3	2	1	0
1. ซื่อสัตย์สุจริต	1.1 ปฏิบัติตามระเบียบการสอนและไม่ลอกการบ้าน				
	1.2 ประพฤติ ปฏิบัติตรงต่อความเป็นจริงต่อตนเอง				
	1.3 ประพฤติ ปฏิบัติตรงต่อความเป็นจริงต่อผู้อื่น				
2. มีวินัย	2.1 เข้าเรียนตรงเวลา				
	2.2 แต่งกายเรียบร้อยเหมาะสมกับกาลเทศะ				
	2.3 ปฏิบัติตามกฎระเบียบของห้อง				
3. ใฝ่เรียนรู้	3.1 แสวงหาข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ				
	3.2 มีการจดบันทึกความรู้อย่างเป็นระบบ				
	3.3 สรุปความรู้ได้อย่างมีเหตุผล				
4. มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม	4.1 มีความตั้งใจและพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย				
	4.2 มีความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรคเพื่อให้งานสำเร็จ				

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 0 – 8 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับควรปรับปรุง

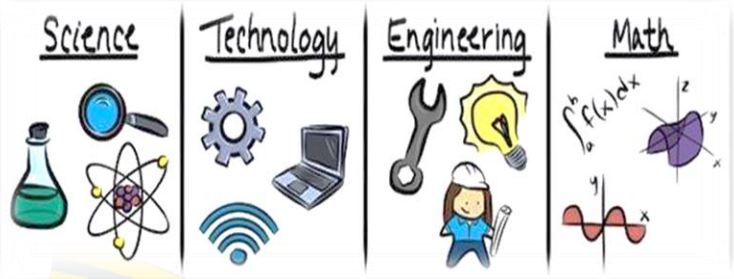
คะแนน 9 – 17 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้

คะแนน 18 – 26 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับดี

คะแนน 26 – 33 คะแนน หมายถึง มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

ผลการประเมิน ☐ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

S T E M
ACTIVITIES



เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

รายชื่อสมาชิกกลุ่มที่.....ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....

1. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
2. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
3. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
4. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
5. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
6. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....
7. ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

สถานการณ์ “เรื่อง แล่นให้ไกลไปให้ถึง”

บริษัทผลิตของเล่นแห่งหนึ่งได้มีแนวคิดที่จะหาทางสร้างเรือของเล่น และทางบริษัทต้องการสร้างเรือของเล่นที่ไม่ใช้แบตเตอรี่ เพื่อนำเสนองานกับลูกค้า จึงได้ทำการคัดเลือกวิศวกรมาออกแบบและสร้างเรือของเล่น โดยใช้อุปกรณ์และ สารเคมีที่มีอยู่ในบ้าน ภายใต้ เรือพลังงาน โดยใช้ โฟม แผ่นพลาสติกแข็ง หรือวัสดุอุปกรณ์ที่นักสนใจในการออกแบบเรือด้วยรูปทรงทางเรขาคณิต หากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรของบริษัทจะออกแบบและสร้างเรือของเล่นพลังงานอย่างไร พร้อมทั้ง นำเสนอหลักการสร้างเรือของเล่นพลังงาน โดยสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวจะต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ รูปแบบ และงบประมาณที่กำหนด และ เรือของเล่นพลังงาน เคลื่อนที่ได้เร็วที่สุด

วัสดุอุปกรณ์ที่วิศวกรสามารถเลือกใช้ได้ภายในงบประมาณ 170 บาท

ข้อกำหนด เรือของเล่นพลังงานจะต้องใช้หลักในการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1. โฟม	แผ่นละ		5 บาท
2. แผ่นพลาสติกแข็งสี	แผ่นละ		15 บาท
3. สายยาง	เส้นละ		10 บาท
4. ขวดพลาสติกขนาดใหญ่	ขวดละ		10 บาท
5. ขวดพลาสติก ขนาดเล็ก	ขวดละ		5 บาท
6. ดินน้ำมัน	ถุงละ		10 บาท
7. น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ความเข้มข้น 6%	ขวดละ		10 บาท
8. น้ำส้มสายชู (CH_3COOH) ความเข้มข้น 3%	ขวดละ		20 บาท
9. น้ำยาล้างห้องน้ำ(HCl) ความเข้มข้น 15%	ขวดละ		20 บาท
10. ผงฟู ($NaHCO_3$)	ถุงละ		20 บาท
11. เปลือกไข่($CaCO_3$)	ถุงละ		10 บาท
12. กาวลาแท็กซ์	ขวดละ		20 บาท
13. กาวแท่ง	หลอดละ		20 บาท
14. เทปลายการ์ตูน	อันละ		10 บาท
15. สีไม้ ปากาสีต่าง ๆ	กล่องละ		20 บาท
16. คัดเตอร์ กรรไกร	ชิ้นละ		20 บาท
17. ลูกโป่ง	ชิ้นละ		5 บาท

คำชี้แจง : จงอ่านคำถามทีละข้อ และตอบคำถามให้ได้มากที่สุด

1. นักเรียนคิดว่า ปัญหาที่สำคัญของสถานการณ์นี้ คืออะไร

.....

.....

.....

.....

2. จากปัญหาดังกล่าว นักเรียนคิดว่าปัญหาดังกล่าวเกิดจากสาหตุใดเป็นสำคัญ

.....

.....

.....

.....

3. นักเรียนคิดว่า การสร้าง **เรือพลังงาน** ควรมีเกณฑ์เป็นอย่างไร จงจะถือว่าประสบความสำเร็จ

.....

.....

.....

.....

4. จากเกณฑ์คำถามที่ 3 นักเรียนคิดว่า การสร้าง เรือพลังงาน มีข้อจำกัด อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

5. องค์ความรู้ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง: ให้นักเรียนระบุความรู้หรือทักษะที่ใช้จากกิจกรรมตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 1 รวบรวมแนวคิดที่ได้จากการทำกิจกรรม

Science.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Technology.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Engineering.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

Mathematics.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตอนที่ 2 ร่วมกันวางแผนการสร้างสรรค์ชิ้นงานหรือแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างเป็นลำดับขั้นตอนแล้วตรวจสอบ

1. นักเรียนมีขั้นตอนการดำเนินงานนการสร้าง “เรือพลังงาน” อย่างไร

ขั้นตอนการทำงาน	วัสดุ/อุปกรณ์	งบประมาณ
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....
.....	.....	.....

2. วาดภาพออกแบบ “เรือพลังงาน”

3. บันทึกรายละเอียดของชิ้นงาน แล้วทดสอบเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงชิ้นงาน

ครั้งที่	รูปร่างชิ้นงาน	จุดเด่น	จุดด้อย

4. ข้อเสนอแนะของนักเรียน เพื่อสร้างชิ้นงานหรือพัฒนางานในอนาคต

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ประยชน์ที่ได้จากการจัดกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education)

.....

.....

.....

.....

.....

เอกสารประกอบการเรียน

เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

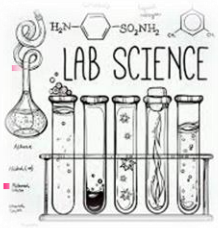
Rate Of Reaction

NAME.....

NUMBER.....CLASS.....

chemistry

ทบทวนเนื้อหาก่อนเรียน



การเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ กระบวนการที่ “สารตั้งต้น” หรือ reactant ทำปฏิกิริยาต่อกัน และทำให้ เกิดการเปลี่ยนแปลงในคุณสมบัติทางเคมี ซึ่งก่อตัวขึ้นมาเป็นสารใหม่ที่เรียกว่า ”ผลิตภัณฑ์” (product) ซึ่ง สารผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติทางเคมีที่เปลี่ยนไปจากเดิม

สารตั้งต้น + สารตั้งต้น ⟶ สารผลิตภัณฑ์

ข้อสังเกตการเกิดปฏิกิริยา

สารใหม่ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาเคมี สังเกตได้ดังนี้

1. สี เช่น สารเดิมไม่มีสีเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี จะมีสีใหม่เกิดขึ้น (สารใหม่)

2. กลิ่น เช่น เกิดกลิ่นฉุน กลิ่นเหม็น กลิ่นหอม

3. ตะกอน เช่น สารละลายเลด (II) ไนเตรต และโพแทสเซียมไอโอไดด์ เป็นของเหลวใส ไม่มีสี เมื่อผสมกันแล้ว เกิดตะกอนสีเหลือง

4. ฟองแก๊ส เช่น กรดไฮโดรคลอริก ผสมกับหินปูนหรือแคลเซียมคาร์บอเนตเกิดฟองแก๊สขึ้น

5. เกิดการระเบิด หรือเกิดประกายไฟ เช่น ใส่โลหะโซเดียมลงในน้ำจะเกิดประกายไฟขึ้น

6. มีอุณหภูมิเปลี่ยน ซึ่งสารโดยทั่วไปเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเกิดการเปลี่ยนแปลงพลังงาน ความร้อนควบคู่ไป ด้วยเสมอ

โดยแต่ละปฏิกิริยาจะใช้เวลาในการเกิดไม่เท่ากัน สามารถศึกษาได้ว่าปฏิกิริยาเคมีหนึ่ง ๆ นั้น ดำเนินไปได้อย่างเร็วหรือดำเนินไปอย่างช้า ดังนั้นปฏิกิริยาเคมีจะเกิดเร็วหรือช้า นั้นสังเกตได้จาก ปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลงหรือสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นต่อ 1 หน่วยเวลา

ข้อควรรู้

การวัดปริมาณสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์

การวัดปริมาณสารตั้งต้นที่ลดลง หรือปริมาณผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น อาจทำได้หลายวิธี เช่น

- ของแข็งใช้การชั่งมวล
- แก๊สใช้การวัดปริมาตร
- สารละลายใช้การวัดความเข้มข้น

ส่วนการวัดเวลานั้นอาจวัดเป็นวินาที นาที ชั่วโมง หรือ วัน ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาว่าเกิดขึ้นได้ช้าหรือเร็วเพียงใด

แบบฝึกหัดที่ 1

1.พิจารณาปฏิกิริยาที่กำหนดให้ต่อไปนี้

$$5C_2O_4^{2-}(aq) + 2MnO^{4-}(aq) + 16H^+(aq) \longrightarrow 10CO_2(g) + 2Mn^{2+}(aq) + 8H_2O(l)$$

วิธีใดเหมาะสมที่สุดในการวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาของปฏิกิริยานี้

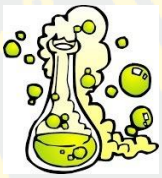
ก. วัดสีของ MnO_4^- ที่จางลง

ข. วัดมวลของ H_2O ที่เกิดขึ้น

ค. ความเข้มข้นของ $C_2O_4^{2-}$ ที่ลดลง

ง. วัดความเป็นกรดของ H^+ ที่ลดลง

เกร็ดความรู้



ปฏิกิริยาเคมีสามารถจำแนกออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1..... (homogeneous reaction) จัดเป็นปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นทั้งหมดอยู่ในสถานะเดียวกัน เช่น $HCl(aq) + NaOH(aq) \longrightarrow NaCl(aq) + H_2O(l)$

2..... (heterogeneous reaction) จัดเป็นปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นต่าง ๆ ไม่ได้อยู่ในสถานะเดียวกัน เช่น $Zn(s) + CuSO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4(aq) + Cu(s)$

ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี(R) หมายถึง ปริมาณสารตั้งต้น หรือ ผลิตภัณฑ์ ที่เปลี่ยนไปในหนึ่งหน่วยเวลา(วินาที , นาที , ชั่วโมง)

$$\text{อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี(R)} = \frac{\text{ปริมาณสารที่เปลี่ยนแปลง}}{\text{เวลาที่ใช้}}$$

$$= \text{ความชันกราฟ}$$

กำหนดสมการที่ดุลแล้ว $2A + 4B \longrightarrow 6C + 8D$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร A } (R_A) = \frac{\text{ปริมาณสาร A ที่ลดลง}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \frac{-\Delta[A]}{\Delta t}$$

$$\text{อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร B } (R_B) = \frac{\text{ปริมาณสาร B ที่ลดลง}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \frac{-\Delta[B]}{\Delta t}$$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร C (R_C) = $\frac{\text{ปริมาณสาร C ที่ลดลง}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \frac{+\Delta[C]}{\Delta t}$

อัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร D (R_D) = $\frac{\text{ปริมาณสาร D ที่ลดลง}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \frac{+\Delta[D]}{\Delta t}$

สำหรับปฏิกิริยาใด ๆ $aA + bB \longrightarrow cC + dD$

อัตราการเกิดปฏิกิริยา(R) = $-\frac{\Delta[R_A]}{\Delta t} = -\frac{\Delta[R_B]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[R_C]}{\Delta t} = +\frac{\Delta[R_D]}{\Delta t}$

R ของปฏิกิริยา เท่ากับ R ของสารที่มีสัมประสิทธิ์กับ 1

แบบฝึกหัดที่ 2

1. จงเขียนความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดปฏิกิริยากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารต่าง ๆ จากสมการ $3H_2 + N_2 \longrightarrow 2NH_3$

.....

2. จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของแอมโมเนีย $4NH_3(g) + 3O_2(g) \longrightarrow 2N_2(g) + 6H_2O(l)$ ข้อใดแสดงอัตราการเกิดปฏิกิริยาได้ถูกต้อง

ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยา = $-\frac{[\Delta O_2]}{\Delta t}$ ข. อัตราการเกิดปฏิกิริยา = $-\frac{[\Delta N_2]}{\Delta t}$

ค. อัตราการเกิดปฏิกิริยา = $\frac{1}{3}\frac{[\Delta O_2]}{\Delta t}$ ง. อัตราการเกิดปฏิกิริยา = $-\frac{1}{3}\frac{[\Delta O_2]}{\Delta t}$

3. เมื่อสาร A และสาร B ทำปฏิกิริยากัน สามารถเขียนสมการแสดงการเกิดปฏิกิริยาได้ดังนี้

$$2A + 3B \longrightarrow 4C + D$$

ถ้าอัตราการเปลี่ยนสาร A = 12 mol/s แล้ว

อัตราการเปลี่ยนแปลงสาร B =

.....

อัตราการเปลี่ยนแปลงสาร C =

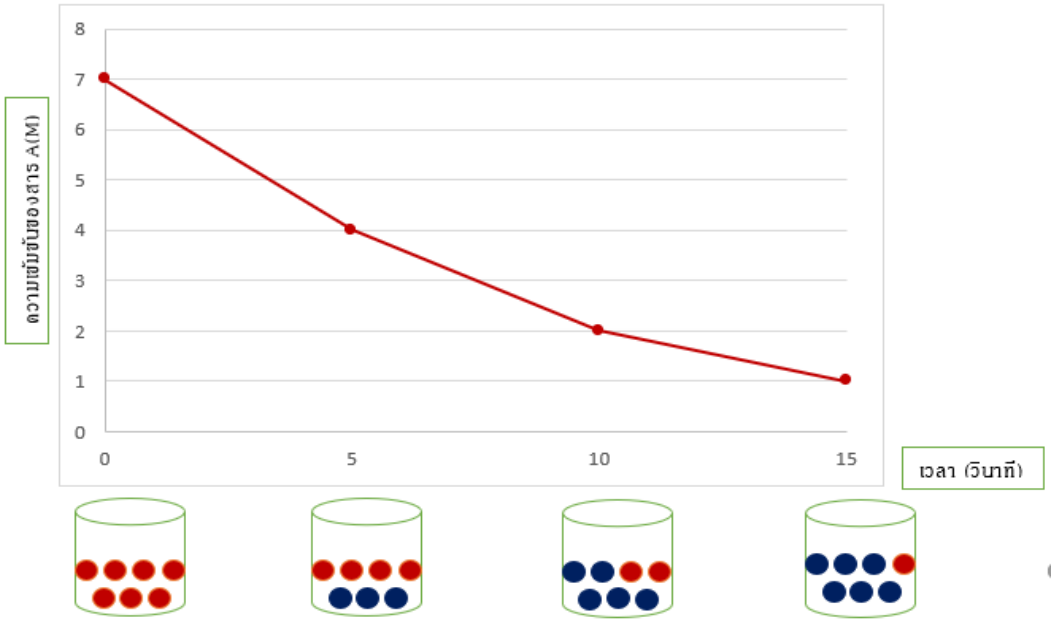
.....

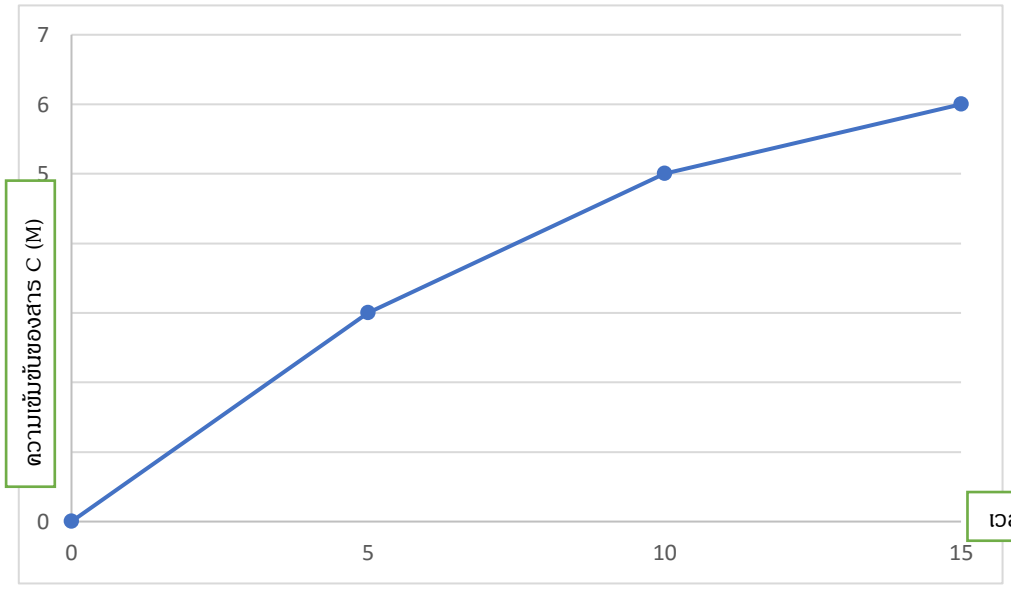
ข้อควรรู้

หน่วยของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีได้หลายหน่วย ขึ้นอยู่กับสถานะของสารที่วัด เช่น mol/s , $mol/dm^3.min$, dm^3/s , atm/hr เป็นต้น

- โดยทั่วไปแล้วในช่วงต้นของกาเกิดปฏิกิริยา ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วและค่อย ๆ ช้าลงตามลำดับ โดยสามารถสังเกตได้จากความชันกราฟ ยิ่งกราฟชันมากแสดงว่าปฏิกิริยาเกิดเร็ว

พิจารณาปฏิกิริยา A $\longrightarrow$ C



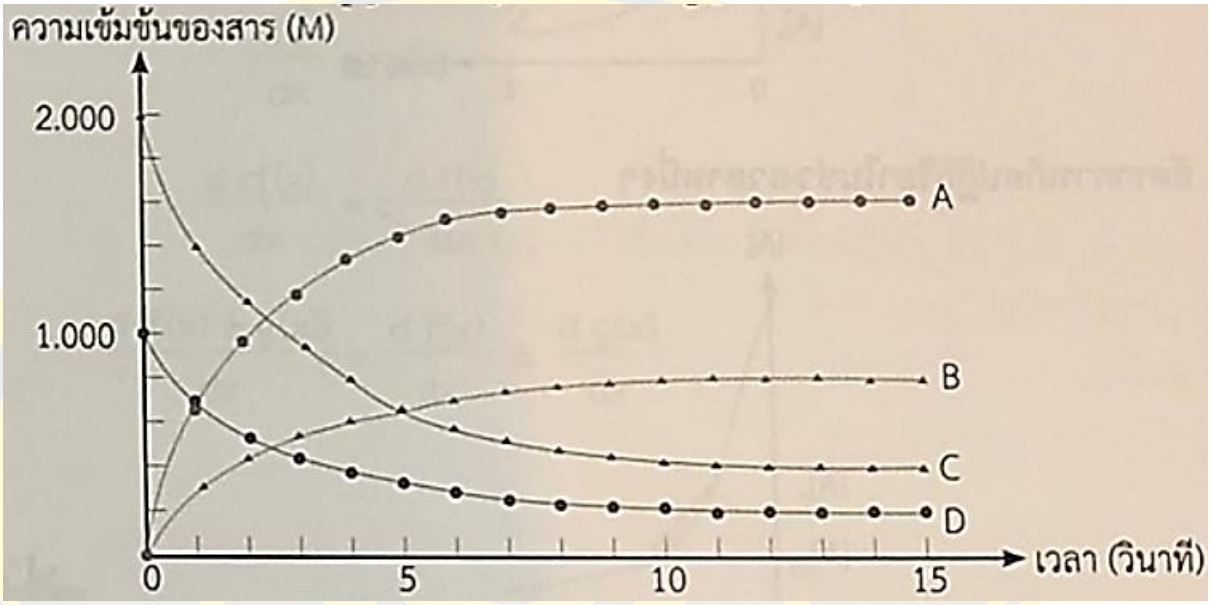


- เลขดุลในสมการเคมีอาจจะสะท้อนถึงอัตราการเปลี่ยนแปลงของสารแต่ละตัวได้
  - สารใดมีเลขดุลมากกว่า จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสารมากกว่า
  - สารใดมีเลขดุลน้อยกว่า จะมีอัตราการเปลี่ยนแปลงสารน้อยกว่า

แบบฝึกหัดที่ 3

จากกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลาตามสมการ

$$H_2(g) + ICl(g) \longrightarrow I_2(g) + HCl(g)$$



1. สาร A, B , C และ D คือสารใด ตามลำดับ

.....

.....

2. จากกราฟ จงคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของสาร C และ D

.....

.....

ชนิดของอัตราการเกิดปฏิกิริยา

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย เทียบกับเวลาทั้งหมด

2. อัตราในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เทียบกับช่วงเวลานั้น

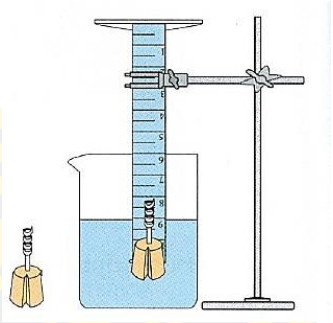
3. อัตรา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง กราฟ : หาจากความชัน ณ จุดนั้น

ตาราง : เทียบกับส่วนที่แคบสุดในตาราง

แบบฝึกหัดที่ 4

1. นำแผ่น Mg ทำปฏิกิริยากับสารละลายกรด HCl 0.2 mol/l ได้ก๊าซ H_2 ตามผลการทดลองดังนี้

ปริมาตรของก๊าซ H_2 (cm^3)	เวลา (s)
1	10
2	20
3	35
4	50
5	80
6	130



สมการของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นดังนี้ $Mg\ (g) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow MgCl_2\ (aq) + H_2\ (g)$

ก. จงหาอัตราการเกิดก๊าซ H_2 โดยเฉลี่ย

.....

.....

ข. จงหาอัตราการเกิดก๊าซ H_2 (cm^3) ที่ช่วงเวลา 20 - 35 วินาที

.....

.....

ค. จงเขียนกราฟระหว่างปริมาณของก๊าซ H_2 (cm^3) ที่เกิดขึ้นกับเวลา

ง. จงหาอัตราการเกิดก๊าซ H_2 ที่วินาทีที่ 60

.....

2. CH_3OH ทำปฏิกิริยากับ HCl เกิดเป็น CH_3Cl และ H_2O ดังสมการ

$$CH_3OH + HCl \longrightarrow CH_3Cl + H_2O$$

เมื่อวัดความเข้มข้นของ HCl ในขณะเกิดปฏิกิริยาได้ผลดังตารางต่อไปนี้

เวลา (s)	ความเข้มข้นของ HCl (mol/dm^3)
0	1.85
80	1.65
159	1.53
314	1.31
628	1.02

ก. จงคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาในแต่ละช่วงเวลา 0 – 80 , 80 – 159 , 159 – 314 , 314 – 628 วินาที

.....

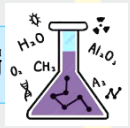
.....

.....

ข. จงคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย

.....

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

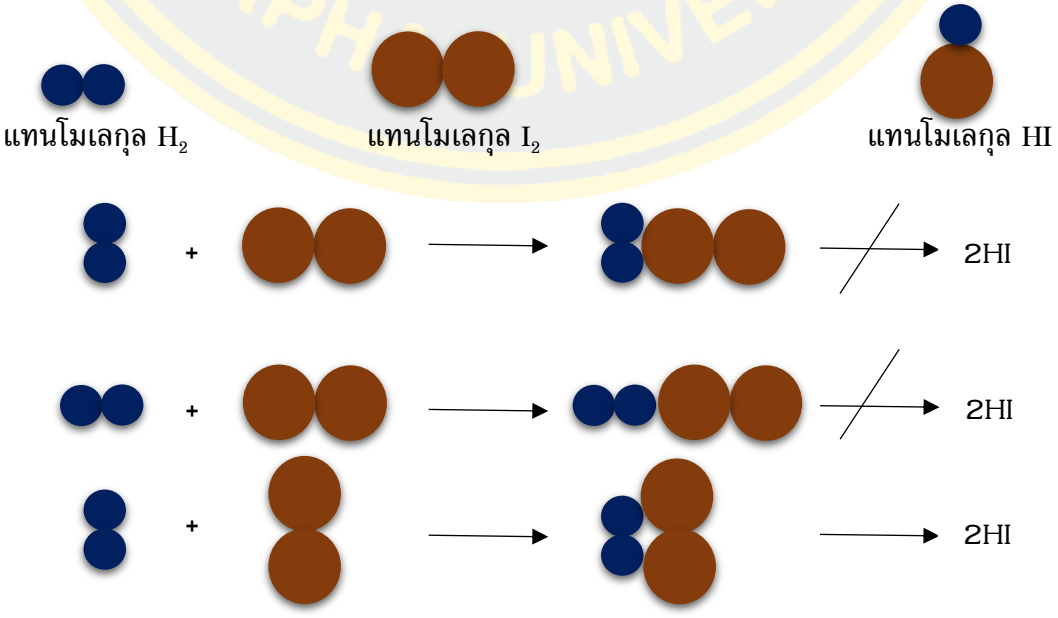


ทฤษฎีการชน (The Collision Theory)

ปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ เมื่อโมเลกุลของสารตั้งต้นชนกัน แล้วได้ออกมาเป็นสารผลิตภัณฑ์ โดยมีเงื่อนไขว่า

1. โมเลกุลของสารตั้งต้นจะต้องชนกันอย่างถูกทิศทาง

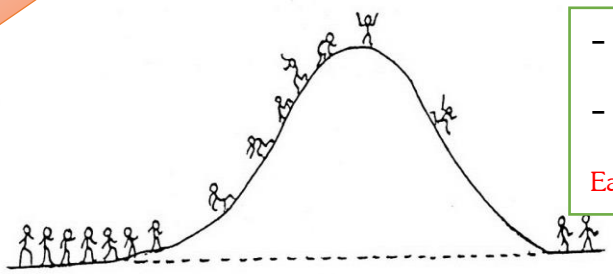
เช่น ปฏิกิริยา $H_2 + I_2 \longrightarrow 2HI$



2. เมื่อ**ชนกันแล้ว** จะต้องมีพลังงานมากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาได้ พลังงานเรียกว่า “พลังงานกระตุ้นหรือพลังงานก่อกัมมันต์” (Activation energy; Ea) คือ พลังงานอย่างน้อยที่สุดที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ ซึ่งแต่ละปฏิกิริยาจะมีค่า Ea ต่างกัน

ข้อควรรู้

พลังงานกระตุ้นหรือพลังงานก่อกัมมันต์ (Activation energy; Ea)



รูปการเดินทางข้ามภูเขา

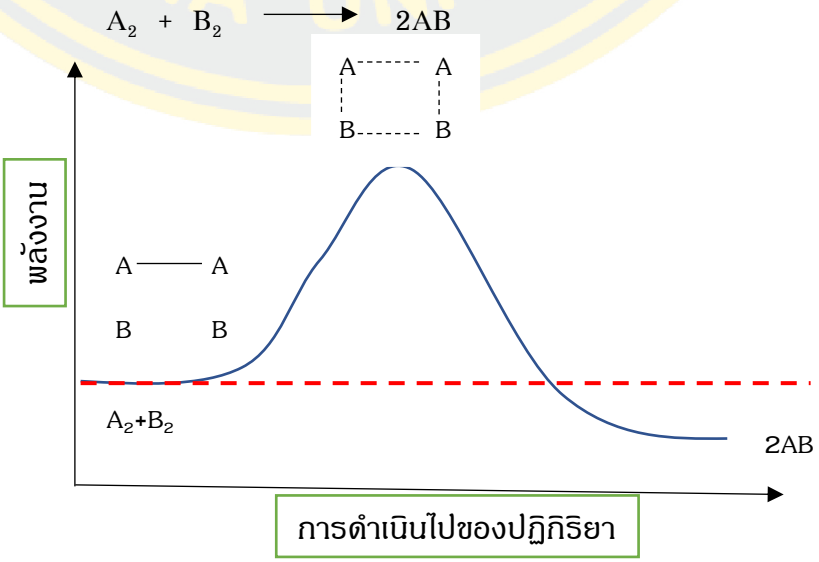
- ปฏิกิริยาที่มี Ea สูง มีแนวโน้มจะเกิดช้า
- ปฏิกิริยาที่มี Ea ต่ำ มีแนวโน้มจะเกิดเร็ว

Ea ให้ลากจากจุดยอดถึงสารตั้งต้น

❖ Ea ไม่เกี่ยวข้องกับปริมาณผลิตภัณฑ์ว่าจะเกิดมาก

ทฤษฎีภาวะแทรนซัน (The Transition State Theory)

เป็นทฤษฎีที่ดัดแปลงมาจากทฤษฎีการชน โดยเมื่อโมเลกุลของสารตั้งต้นชนกันอย่างเหมาะสมจะเกิดเป็นสารปรกอบใหม่ชั่วคราว เรียกว่า **สารเชิงซ้อนกัมมันต์ (Activated Complex)** ในระหว่างการเกิดสารเชิงซ้อนนี้พันธะในสารตั้งต้นจะอ่อนลง และเริ่มมีการสร้างพันธะใหม่ระหว่างคู่อะตอมที่เหมาะสม เมื่อปฏิกิริยาเสร็จสิ้นจะเหลือแต่พันธะที่เกิดขึ้นใหม่ ได้ออกมาเป็นสารผลิตภัณฑ์ เช่น



เปรียบเสมือนการจับมือ

1. ทฤษฎีการชนกล่าวไว้ว่าอย่างไร

.....

.....

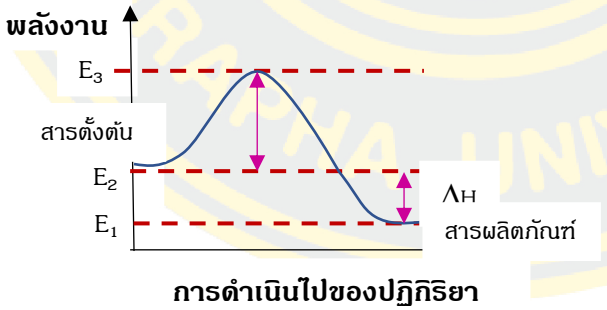
2. พลังงานก่อกัมมันต์ คือ

.....

พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

กราฟของพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา

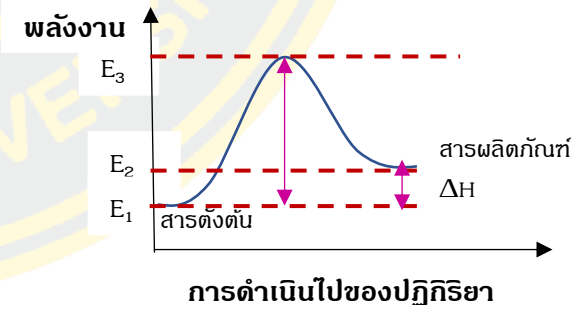
ปฏิกิริยาคายความร้อน (Exothermic reaction)



$Ea = E_3 - E_2$

$\Delta H = E_1 - E_2$

ปฏิกิริยาดูดความร้อน (Exothermic reaction)



$Ea = E_3 - E_1$

$\Delta H = E_2 - E_1$

พลังงานของปฏิกิริยา (ΔH) = พลังงานผลิตภัณฑ์ - พลังงานสารตั้งต้น

ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ (Reversible reaction)

ปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ (Reversible reaction) คือ ปฏิกิริยาที่สามารถไปข้างหน้า และเกิดย้อนกลับได้

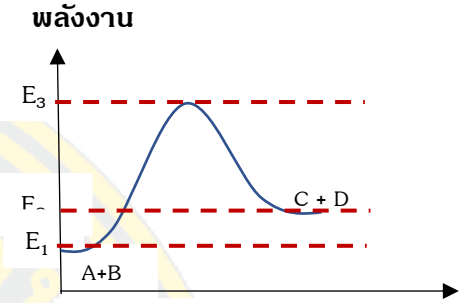
กำหนดสมการ A + B $\rightleftharpoons$ C + D

ปฏิกิริยาไปข้างหน้า A + B ⟶ C + D

ปฏิกิริยาดูดความร้อน Ea = ... ΔH = ...

ปฏิกิริยาไปย้อนกลับ A + B ⟶ C + D

ปฏิกิริยาคายความร้อน Ea = ... ΔH = ...

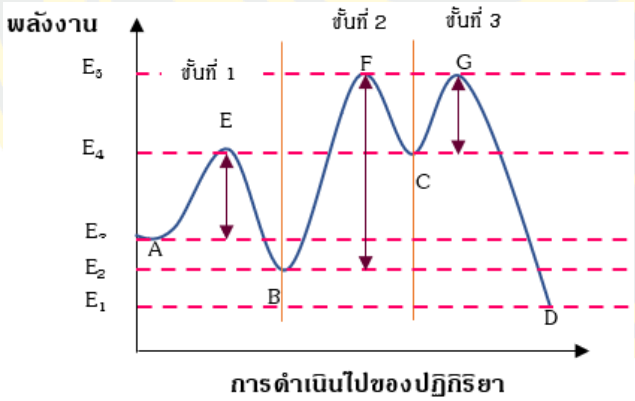


การดำเนินไปของปฏิกิริยา

ปฏิกิริยาที่มีหลายขั้นตอน

ปฏิกิริยาที่มีหลายขั้นตอน ขั้นที่มี Ea มากที่สุดจะเป็นขั้นที่เกิดปฏิกิริยาช้าที่สุด เรียกว่า “ขั้นกำหนดอัตรา” (Rate determining step) โดยจะบอกว่าปฏิกิริยานี้ดูดหรือคายความร้อนให้พิจารณาที่พลังงานตอนเริ่มต้นและสิ้นสุดปฏิกิริยา

เช่น ปฏิกิริยา A $\rightleftharpoons$ D มี 3 ขั้นตอนย่อย คือ



การดำเนินไปของปฏิกิริยา

ขั้นที่ 1 A ⟶ B เกิดเร็ว

ขั้นที่ 2 B ⟶ C เกิดช้า

ขั้นที่ 3 C ⟶ D เกิดเร็ว

ขั้นที่ 2 เป็นขั้นกำหนดอัตรา

ปฏิกิริยา A ⟶ D เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน มองไปข้างหน้า

ปฏิกิริยา D ⟶ A เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน มองย้อนกลับ

ปฏิกิริยา A ⟶ D มองไปข้างหน้า ΔH = E1 – E3

ปฏิกิริยา A ⟶ D มองย้อนกลับ ΔH = E3 – E1

E , F และ G คือ สารเชิงซ้อนกัมมันธ์

สาร B และ C เป็นสารที่เกิดขึ้นระหว่างการเกิดปฏิกิริยา โดยเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ถูกนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในปฏิกิริยาขั้นต่อไป เรียกสารประเภทนี้ว่า “สารมัยันตร์” (Intermediate)

แบบฝึกหัดที่ 6

1. ปฏิกิริยาระหว่างก๊าซไฮโดรเจน (H2) กับไอโอดีน (I2) มีขั้นตอนต่าง ๆ ในการเกิดดังนี้

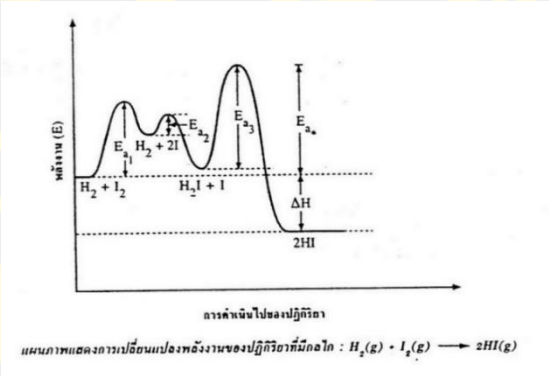
(1).... I_2 (g) $\longrightarrow$ 2I (g) (เร็ว)

(2).... I (g) + H_2 (g) $\longrightarrow$ H_2I (g) (เร็ว)

(3).... H_2I (g) + I (g) $\longrightarrow$ 2HI (g) (ช้า)

(1) + (2) + (3) H_2 (g) + I_2 (g) $\longrightarrow$ 2HI (g) (สุทธิ)

ปฏิกิริยานี้จะเขียนแผนภาพแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานการดำเนินไปของปฏิกิริยาได้ดังนี้

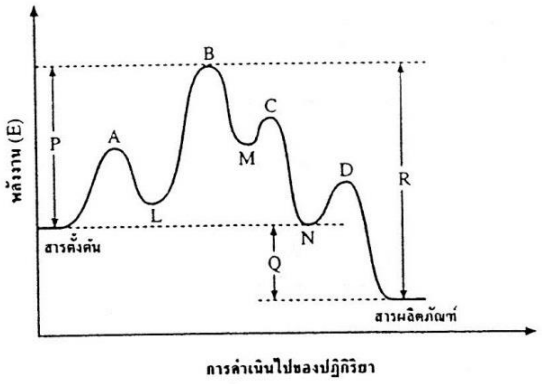


แผนภาพแสดงการเปลี่ยนแปลงพลังงานของปฏิกิริยาที่มีดอไก : $H_2(g) + I_2(g) \longrightarrow 2HI(g)$

จากแผนภาพสรุปได้ว่า

1. ปฏิกิริยานี้มีกลไกในการเกิด 3 ขั้น (ดูจากลูกกราฟ)
2. ปฏิกิริยาขั้นที่ 1 เป็นแบบ..... ปฏิกิริยาขั้นที่ 2 เป็นแบบ.....
   ปฏิกิริยาขั้นที่ 3 เป็นแบบ..... ปฏิกิริยาระหว่าง H_2 กับ I_2 เกิด 2HI เป็นแบบ.....(ดูจากตำแหน่งของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์)
3. ปฏิกิริยาในขั้นตอนที่ .....เกิดช้าที่สุด เพราะ..... ดังนั้น จึงเป็นขั้นกำหนดอัตรา เรียกว่า Rate determining step , RDS (Ea สูงที่สุด) มีไว้ใช้หาค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา (ดูจากตำแหน่งของสารตั้งต้นถึงจุดยอดสุดของกราฟ) ซึ่งเท่ากับ Ea*

2. กราฟแสดงพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเป็นดังนี้



จากกราฟสรุปได้ว่า

1. ปฏิกิริยานี้มีกลไกในการเกิด.....ขั้น
2. ปฏิกิริยาที่เกิดช้าที่สุดคือขั้นตอนที่..... เป็นขั้นกำหนดอัตรา
3. ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา (Ea) เท่ากับ.....
4. ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาย้อนกลับ (Ea*) เท่ากับ.....
5. ปฏิกิริยาสารตั้งต้นเปลี่ยนเป็นผลิตภัณฑ์เป็นแบบ.....พลังงาน
6. ปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นแบบ.....พลังงาน
7. สารเชิงซ้อนกัมมันต์ คือ..... สารมัธยันต์ (intermidiate) คือ.....
8. พลังงานของปฏิกิริยา (Δ H) เท่ากับ.....

3. ปฏิกิริยา A + B $\rightleftharpoons$ 2C + D พลังงานของสารตั้งต้น A และ B เท่ากับ 150 kJ พลังงานของสารผลิตภัณฑ์ C และ D เท่ากับ 100 kJ ถ้าค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาไปข้างหน้าเท่ากับ 200 kJ ค่าพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาย้อนกลับและค่าพลังงานของปฏิกิริยามีค่าเท่าใด

.....

.....

.....

.....

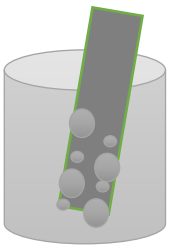
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ดังนี้

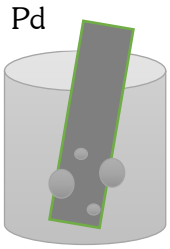
1. ธรรมชาติสารตั้งต้น
2. พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น
3. ความเข้มข้นของสารตั้งต้น
4. อุณหภูมิ
5. ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา

ธรรมชาติสารตั้งต้น

สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน เช่น Zn มีอัตราการเกิดปฏิกิริยากับ HCl มากกว่า Pb



Zn + HCl



Pd + HCl

- ถ้าสารตั้งต้นมีโครงสร้างไม่ซับซ้อน ⟶ เกิดปฏิกิริยาง่าย
- ถ้าสารตั้งต้นมีโครงสร้างซับซ้อน ⟶ เกิดปฏิกิริยายาก

พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น

- ยิ่งพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างสารตั้งต้นมีมาก อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะยิ่งสูงขึ้น เนื่องจากเป็นการเพิ่มโอกาสให้โมเลกุลของสารตั้งต้นสามารถชนกันได้มากขึ้น
- การเพิ่มพื้นที่ผิวมีเฉพาะกับปฏิกิริยาเนื้อผสม

การเพิ่มพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่เป็นของแข็ง (การเพิ่มพื้นที่ผิวทำโดยลดขนาดของแข็ง)

แบบฝึกหัดที่ 7

1. จงเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารชนิดหนึ่งที่มีมวลเท่ากัน แต่มีลักษณะแตกต่างกัน จงบอกว่าสารลักษณะแบบใดเกิดปฏิกิริยาเร็ว

สาร A บดละเอียด

แท่งสาร A

.....

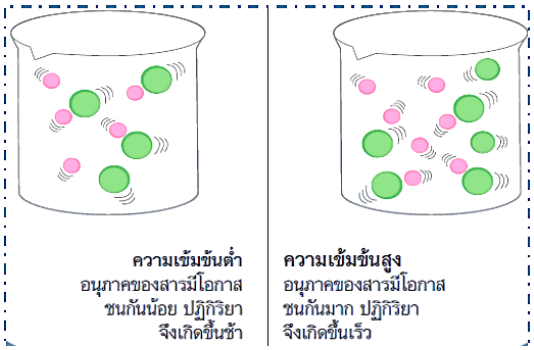
สาร B ทรงกลม

สาร B ทรงแบน

.....

ความเข้มข้นของสารตั้งต้น

การเพิ่มความเข้มข้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเพิ่มความหนาแน่นของจำนวนโมเลกุลสารตั้งต้น ทำให้เกิดการชนมากขึ้น และทำให้โมเลกุลที่มีพลังงานสูงกว่า Ea



ข้อควรรู้

- อัตราการเกิดปฏิกิริยา ขึ้นกับ ความเข้มข้นของสารตั้งต้น

ปริมาณสารผลิตภัณฑ์ ขึ้นกับ ปริมาณสารตั้งต้น

- โดยทั่วไปการเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นจะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แต่มีบางปฏิกิริยาที่ความเข้มข้นของสารตั้งต้นไม่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เช่น การสลายของแอลกอฮอล์จากตับ ในกระแสเลือด อัตราการสลายตัวของแอลกอฮอล์เป็นสารอื่นมีค่าคงที่ ไม่ขึ้นกับความเข้มข้นของแอลกอฮอล์

แบบฝึกหัดที่ 8

ปฏิกิริยา 1 ใช้กรด HCl 1 M 400 cm^3 กับหินปูนมากเกินพอ

ปฏิกิริยา 2 ใช้กรด HCl 2 M 200 cm^3 กับหินปูนมากเกินพอ

ปฏิกิริยา 3 ใช้กรด HCl 3 M 100 cm^3 กับหินปูนมากเกินพอ

1. จงเรียงลำดับปฏิกิริยาที่เกิดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วไปถึงช้าตามลำดับ

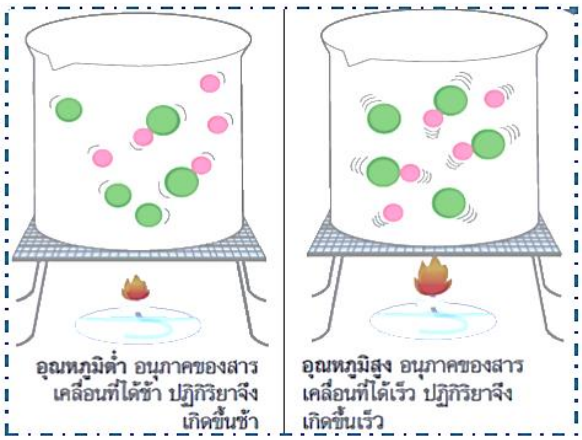
.....

2. จงเรียงลำดับของปริมาณสารผลิตภัณฑ์ที่มากและน้อยตามลำดับ

.....

ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การเพิ่มอุณหภูมิทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงขึ้น ส่งผลให้มีจำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานมากกว่า Ea มากขึ้น



ปฏิกิริยาของระบบที่มีอุณหภูมิสูงขึ้น 10 ^{o}C ส่วนมากอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น 2 – 3 เท่า แต่อย่างไรก็ตามก็มีปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาอุณหภูมิสูงขึ้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง เช่น ปฏิกิริยาในสิ่งมีชีวิตเป็นต้น ความเข้าใจเรื่องผลกระทบของอุณหภูมิต่อปฏิกิริยาภายในร่างกายคน ได้ถูกนำไปใช้ประโยชน์ เช่น ในการผ่าตัดเปิดหัวใจแพทย์จะทำให้ร่างกายของคนไข้เย็นลงประมาณอย่างน้อย 10 ^{o}C ซึ่งมีผลทำให้ปฏิกิริยาต่าง ๆ ในร่างกายเกิดช้าลง ทำให้การขาดออกซิเจนที่จะนำไปใช้ในปฏิกิริยาไม่อยู่ในขั้นรุนแรง

ข้อควรรู้

- การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นปฏิกิริยาดูดความร้อนหรือ คายความร้อน
- การเพิ่มอุณหภูมิไม่ทำให้ค่า Ea เปลี่ยงแปลง

แบบฝึกหัดที่ 9

1. ปฏิกริยา $Zn\ (s) + H_2SO_4(aq) \longrightarrow ZnSO_4\ (aq) + H_2\ (g)$ เป็นปฏิกิริยาคายความร้อน ถ้าใส่ผงสังกะสีในกรดซัลฟิวริก เจือจางที่ (I) 25 ^{o}C และ 35 ^{o}C กรณี (II) จะเกิดผลอย่างไร เมื่อเทียบกับกรณี (I)

จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้แล้วเติม ✓ และ ✕ หน้าข้อความให้ถูกต้อง

.....ก. อนุภาคต่าง ๆ มีพลังงานจลน์สูงขึ้น

.....ข. พลังงานกระตุ้นลดลง

.....ค. อนุภาคต่าง ๆ ชนกันบ่อยครั้งขึ้น

.....ง. ปฏิกิริยาจะเกิดเร็วขึ้น

.....จ. แก๊สไฮโดรเจน ที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อยลง

2. หากเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่า 40 ^{o}C กับปฏิกิริยาที่มีเอนไซม์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาจะมีผลอย่างไร

.....

3. จากปฏิกิริยา $CaCO_3(s) + 2HCl\ (aq) \longrightarrow CaCl_2\ (aq) + H_2O\ (l) + CO_2\ (g)$

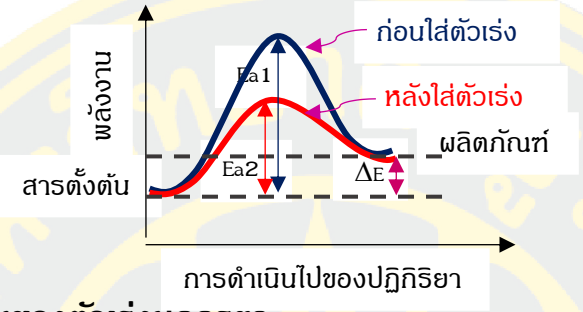
เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของระบบ พลังงานก่อกัมมันต์จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น ข. คงที่

ค. ลดลง ง. ต้องทราบว่าปฏิกิริยาดูดหรือคายพลังงานจึงจะพิจารณาได้

ผลของตัวเร่ง / หน่วง ปฏิกิริยากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

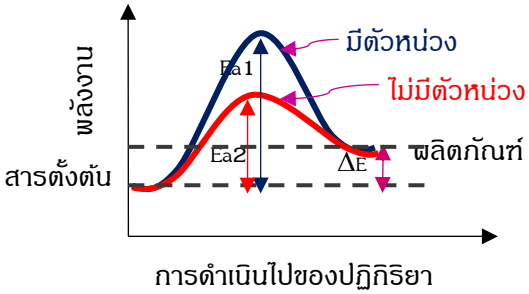
ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) คือ สารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น หรือทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น แต่เมื่อปฏิกิริยายุติ สารนั้นก็ยังคงกลับมาเหมือนเดิม โดยทำหน้าที่ลด Ea ต่ำลง ดังรูป



ลักษณะสำคัญของตัวเร่งปฏิกริยา

1. ตัวเร่งปฏิกิริยาที่เติมลงไปในปฏิกิริยา จะมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาด้วย แต่หลังจากนั้นปฏิกิริยาก็กลับมาเหมือนเดิม
2. ตัวเร่งปฏิกิริยาใช้เล็กน้อย ถ้าใส่มากเกินไปอาจจะกลายเป็นสารตั้งต้น สารหนึ่งเข้าไปทำปฏิกิริยาด้วย
3. ในปฏิกิริยาเคมีที่เติมตัวเร่งปฏิกิริยา หลังเกิดปฏิกิริยาสารนั้นจะกลับมาเหมือนเดิม มวลคงที่แต่อาจจะมีสมบัติทางกายภาพเปลี่ยนไป เช่น ขนาดและรูปร่าง
4. ปฏิกิริยาหนึ่งอาจเลือกตัวเร่งปฏิกิริยามากกว่าหนึ่งชนิดได้ แต่ตัวเร่งปฏิกิริยาต่างชนิดก็จะเร่งได้เร็วขึ้นไม่เท่ากัน
5. ตัวเร่งปฏิกิริยา (Catalyst) ชนิดเดียวกัน อาจจะใช้เร่งปฏิกิริยา ได้หลายปฏิกิริยา แต่ได้เร็วต่างกัน
6. ตัวเร่งปฏิกิริยาที่ควรรู้จัก
   - การย่อยอาหารให้ร่างกาย ใช้เอนไซม์เป็นตัวเร่ง
   - การผลิตแอมโมเนียม ใช้เหล็กกล้าเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
   - กระบวนการการแตกสลายไฮโดรคาร์บอนในการกลั่นน้ำมัน โดยใช้ซิลิคอนไดออกไซด์และอลูมิเนียมออกไซด์เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ตัวขัดขวางปฏิกิริยา หรือ ตัวหน่วงปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลงและทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง เนื่องจากไปเพิ่มค่า Ea และเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาแล้วสารนี้จะกลับคือมาเหมือนเดิม และมีมวลคงที่แต่สมบัติทางกายภาพอาจจะเปลี่ยนไป



ตารางสรุปปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ปัจจัย	กระบวนการ	สาเหตุที่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น	
		มีจำนวนโมเลกุลที่มีพลังงานสูงมากขึ้น	ลดพลังงานกระตุ้น (Ea)
ธรรมชาติของสารตั้งต้น	สารแต่ละชนิดมีความสามารถในการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน		
พื้นที่ผิว	พื้นที่ผิวมากอัตราเร็วมาก		
ความเข้มข้น	ความเข้มข้นมาก อัตราเร็วมาก		
อุณหภูมิ	อุณหภูมิสูงอัตราเร็วมาก		
ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา	ใส่ตัวเร่งอัตราเร็วมากขึ้น ใส่ตัวหน่วงอัตราเร็วลดลง		

ผลที่เกิดจากปัจจัยที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน

ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรมได้ เช่น

1. การเคี้ยวอาหารให้ละเอียดก่อนกลืน ทำให้อาหารมีขนาดเล็ก อาหารจึงมีพื้นที่ผิวเพิ่มมากขึ้น ทำให้กรดและเอนไซม์จากน้ำย่อยในกระเพาะอาหารทำปฏิกิริยากับอาหารได้เร็วขึ้น

2. การบ่มผลไม้ในภาชนะที่มีฝาปิด จะทำให้ผลไม้สุกเร็วกว่าผลไม้ที่ตั้งไว้ข้างนอก หรืออาหารที่ไม่ได้เก็บไว้ในตู้เย็นจะเน่าเสียได้ง่ายกว่าอาหารที่เก็บในตู้เย็น เนื่องจากในตู้เย็นมีอุณหภูมิต่ำ ซึ่งจะช่วยชะลอการเกิดปฏิกิริยาเคมีในอาหารได้ทำให้อาหารเน่าเสี

3. การย่อยแป้งจะมีเอนไซม์อไมเลสในน้ำลายเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

กระบวนการหมักน้ำตาลกลูโคสด้วยยีสต์ให้กลายเป็นเอทานอลและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จะมีเอนไซม์ไซเมสเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

4. การเติมวิตามินอีในน้ำมันพืชเพื่อป้องกันการเหม็นหืนหรือยับยั้งการเน่าเสียของอาหารด้วยการใส่สารกันบูด

แบบฝึกหัดที่ 10

1. ใส่แท่งโลหะสังกะสีรูปทรงกลม 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร ลงในกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.1 โมล/ลิตร 20 ลูกบาศก์เซนติเมตร แล้วเขย่าเบา ๆ ถ้าเพิ่มสิ่งต่อไปนี้เป็นสองเท่า อะไรจะทำ ให้อัตราเร็วของการเกิดแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มมากที่สุด

ก. พื้นที่ผิวของ Zn ข. ปริมาตรของ Zn

ค. ปริมาตรของ HCl ง. ความเข้มข้นของ HCl

2. มีปฏิกิริยาระหว่างของแข็งกับแก๊สชนิดหนึ่งซึ่งสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ถ้าต้องการทำให้อัตราของการเกิดปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น จะต้องทำให้มีการเปลี่ยนแปลงอะไร

ก. ลดความดันของแก๊ส ข. ลดอุณหภูมิลง

ค. ลดขนาดของของแขง็ลง ง. รักษาความกดดันให้คงที่

3. ข้อใดเป็นเหตุผลที่ถูกต้องที่สุดเพื่อแสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ก. โมเลกุลของสารนั้นจะมีการชนกันมากขึ้น ข. จะทำให้ความดันเพิ่มขึ้น

ค. ทำให้พลังงานกระตุ้นเพิ่มขึ้น ง. โมเลกุลบางส่วนมีพลังงานสูงขึ้น

4. Enzyme ในร่างกายถือเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เพราะเหตุในข้อใดต่อไปนี้

ก. เพราะ Enzyme ไม่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ข. เพราะ Enzyme ช่วยให้ปฏิกิริยาที่เกี่ยวข้องเกิดเร็วขึ้น

ค. เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาจะได้ Enzyme กลับคืนมา

ง. ถูกทุกข้อ

5. ปฏิกิริยาการสลายตัวของ N_2O ในสภาวะที่มีแก๊สคลอรีนอยู่ด้วยมีกลไกดังนี้

$$Cl_2(g) \longrightarrow 2\ Cl(g)$$

$$N_2O(g) + Cl(g) \longrightarrow N_2(g) + ClO(g)$$

$$2\ ClO(g) \longrightarrow Cl_2(g) + O_2(g)$$

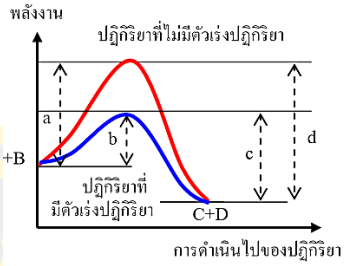
ตัวแคตาลิตส์ (ตัวเร่งปฏิกิริยา) ในปฏิกิริยานี้คือ

ก. $Cl_2(g)$ ข. $Cl(g)$ ค. $ClO(g)$ ง. $O_2(g)$

6. จากกราฟ สาร A ทำปฏิกิริยากับสาร B ได้สาร C และ สาร D ถ้ามีตัวเร่งปฏิกิริยา จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้นพลังงานกระตุ้น ของปฏิกิริยาที่มีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ

ก. a ข. b

ค. c ง. d



7. จากข้อ6 เมื่อมีตัวเร่งปฏิกิริยาสามารถลดพลังงานก่อกัมมันต์ได้เท่าใด

ก. a – b ข. b – a ค. d – c ง. c – d

8. จากข้อ6 พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาย้อนกลับ (reverse reaction) ที่ไม่มีตัวเร่งปฏิกิริยา คือ

ก. a ข. b ค. c ง. d

9. ข้อความต่อไปนี้ ข้อใดถูก

ก. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นโมเลกุลสารตั้งต้นจะมีพลังงานจลน์สูงขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

ข. ตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น

ค. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้น พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาจะลดลง

ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้สารตั้งต้นมีพลังงานจลน์เพิ่มมากขึ้นทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น

10. ในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีโดยทั่วไปมักต้องการให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็ว ดังนั้นเวลาทำการทดลองจึงมักจะทำอย่างไร

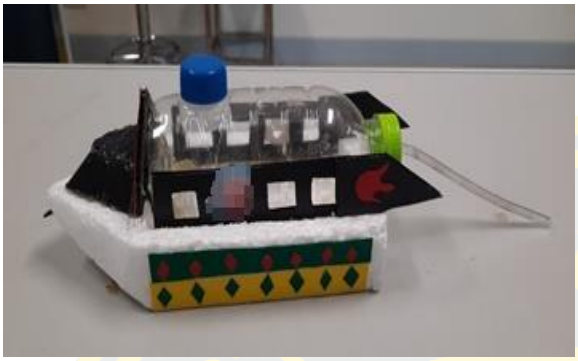
ก. อุ่นให้ร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ข. ใช้สารละลายมีความเข้มข้นสูง

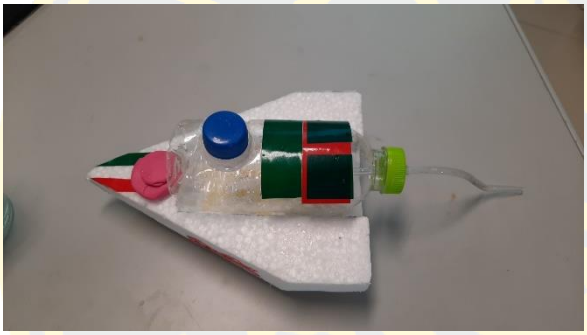
ค. ใช้วิธีคนอย่างสม่ำเสมอ ง. ถูกทุกข้อ

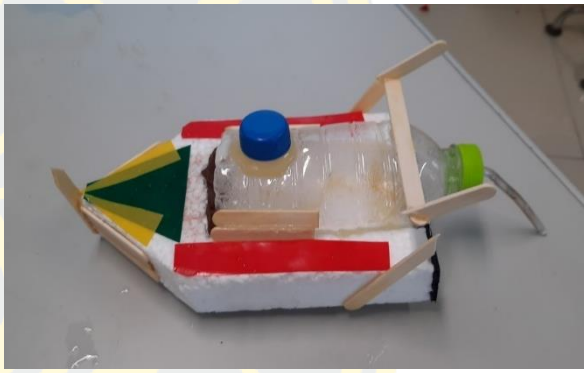
11. ข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน

ก. เพิ่มอุณหภูมิ ลดพื้นที่ผิว
ข. เพิ่มพื้นที่ผิว ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา
ค. เพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น เพิ่มพลังงานก่อกัมมันต์
ง. เพิ่มพื้นที่ผิว ลดความเข้ม

ภาพสิ่งประดิษฐ์ “เรือพลังงาน”







แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี 3 เพิ่มเติม

เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

วิชาเคมี 3 (รหัสวิชา ว 32221)

คำชี้แจง

1. ข้อสอบเป็นแบบปรนัย จำนวน 30 ข้อ

2. ข้อสอบเป็นชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนเลือกตอบข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว และให้นักเรียนทำเครื่องหมาย (X) ทับตัวเลือก ก ข ค และ ง เพียงข้อเดียวให้ตรงกับตัวเลือกที่ต้องการลงในกระดาษคำตอบ

3. ห้ามนำข้อสอบและกระดาษคำตอบออกจากห้องสอบ

4. ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 50 นาที

1. ข้อสรุปใดต่อไปนี้ผิด

ก. โมเลกุลชนกันทุกครั้งต้องเกิดปฏิกิริยา หากมีพลังงานกระตุ้นเพียงพอ

ข. ถ้าพลังงานของสารตั้งต้นมากกว่าสารผลิตภัณฑ์ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิกิริยาคายความร้อน

ค. ตัวเร่งปฏิกิริยาทำให้พลังงานกระตุ้นของปฏิกิริยาลดลง

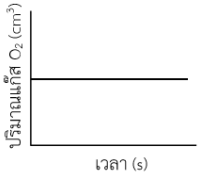
ง. เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะเพิ่มขึ้น

2. พิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้ $N_2O_5(g) \longrightarrow NO_2(g) + O_2(g)$ (สมการยังไม่ดุล) จากการทดลองพบว่าแก๊ส O_2 เกิดขึ้นด้วยอัตราเริ่มต้น 4.0×10^{-5} mol/dm^3.s อัตราการลดลงของ N_2O_5 เป็นเท่าใดในหน่วย mol/dm^3.s

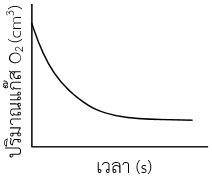
ก. 1.6×10^{-9} ข. 1.0×10^{-5} ค. 2.0×10^{-5} ง. 8.0×10^{-5}

3. ปฏิกิริยาการสลายตัวของโพแทสเซียมไนเตรตได้โพแทสเซียมไนไตรต์และแก๊สออกซิเจน ดังสมการเคมี $2KNO_3(s) \longrightarrow 2KNO_2(s) + O_2(g)$ กราฟข้อใดแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาณของแก๊สออกซิเจนต่อเวลา ตั้งแต่เริ่มต้นปฏิกิริยาเคมีจนกระทั่ง สิ้นสุดปฏิกิริยาเคมี

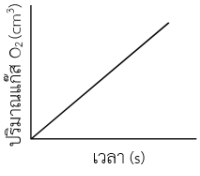
ก.



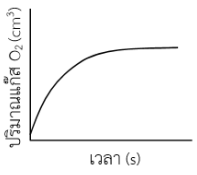
ข.



ค.



ง.



4.ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการเกิดเกิดปฏิกิริยาเคมี

ก. เมื่ออนุภาคชนกันจะทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้เสมอ

ข. ปฏิกิริยาดูดความร้อนจะมีค่าพลังงานก่อกัมมันต์สูงเสมอ

ค. ถ้าอนุภาคชนกันในทิศทางไม่เหมาะสม แต่พลังงานเพียงพอก็สามารถเกิดปฏิกิริยาได้

ง. การสลายตัวของสารเชิงซ้อนกัมมันต์อาจได้สารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์ก็ได้

5. พลังงานก่อกัมมันต์ เป็นพลังงานในข้อใด

ก. ความแตกต่างของพลังงานสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์

ข. พลังงานของสารตั้งต้น

ค. พลังงานสารผลิตภัณฑ์

ง. พลังงานน้อยสุดที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี

6. ตามแนวความคิดสารเชิงซ้อนกัมมันต์ ปฏิกิริยาจะเกิดสำเร็จได้ ข้อใดถูกต้อง

ก. สารตั้งต้นมีพลังงานมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์

ข. สารเชิงซ้อนมีพลังงานมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์

ค. ผลิตภัณฑ์มีพลังงานมากกว่าพลังงานก่อกัมมันต์

ง. ถูกทุกข้อ

7. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับข้อความที่กล่าวว่า “ เมื่อโมเลกุลของสารตั้งต้นชนกันด้วยทิศทางที่เหมาะสมจะทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาลดลง” เพราะเหตุใด

ก. ไม่เห็นด้วย เพราะพลังงานก่อกัมมันต์ไม่ได้ขึ้นอยู่กับทิศทางการชนกันของโมเลกุลสารตั้งต้น

ข. ไม่เห็นด้วย เพราะพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาลดลงขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

ค. ไม่เห็นด้วย เพราะพลังงานก่อกัมมันต์ขึ้นอยู่กับความถี่การชนกันของโมเลกุลสารตั้งต้น

ง. เห็นด้วย เพราะพลังงานก่อกัมมันต์ขึ้นอยู่กับทิศทางการชนกันของโมเลกุลสารตั้งต้น

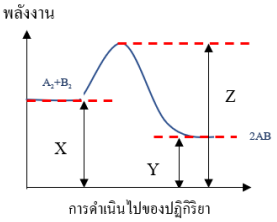
8. ปฏิกิริยา $2O_3\,(s) \longrightarrow 3O_2\,(g)$ Ea = 117 kJ

$3O_2\,(g) \longrightarrow 2O_3\,(g)$ ΔE = 284 kJ

ปฏิกิริยา $3O_2\,(g) \longrightarrow 2O_3\,(g)$ จะมีค่า Ea เท่ากับเท่าใด

ก. 401 kJ ข. 167 kJ ค. 259 kJ ง. 518 kJ

9. พลังงานกระตุ้นสำหรับปฏิกิริยาที่ดำเนินจากซ้ายไปขวาและ ขวาไปซ้ายคือข้อใด ตามลำดับ



ก. X และ Y ข. Z-Y และ Z-X

ค. X-Y และ Z-Y ง. Z-X และ Z-Y

10. ถ้าปฏิกิริยา A + B $\longrightarrow$ C+ D เป็นปฏิกิริยาดูดความร้อน และมีค่า ΔE = + 50 kJ/mol ปฏิกิริยานี้จะมีค่าพลังงานก่อกัมมันต์ Ea เป็นเท่าใด

ก. -50 kJ/mol

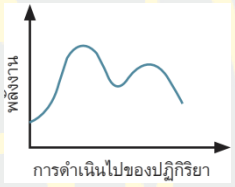
ข. น้อยกว่า +50 kJ/mol

ค. มากกว่า+50 kJ/mol

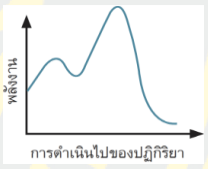
ง. อาจจะมากกว่า+50 kJ/mol หรือ น้อยกว่า+50 kJ/mol และสามารถหาได้จากการทดลองเท่านั้น

11. จากปฏิกิริยา $X_2 + Y_2 \longrightarrow 2XY$ ถ้าพีต้องการศึกษาปฏิกิริยาดังกล่าวเป็นปฏิกิริยา คายความร้อนและกลไก 2 ขั้นตอน โดยขั้นที่ 2 เป็นขั้นที่ควบคุมอัตราการเกิดปฏิกิริยา พีจะหาความสัมพันธ์ของกราฟระหว่างพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาข้อใดถูกต้อง

ก.

ข. 

ค.

ง. 

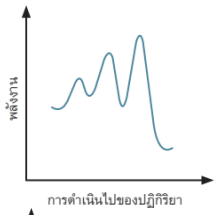
12. ปฏิกิริยาหนึ่งมีกลไก 3 ขั้นตอน ดังนี้

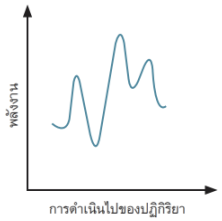
ขั้นตอนที่ 1 $2NO \longrightarrow N_2O_2$ (เกิดเร็ว) ΔH = +

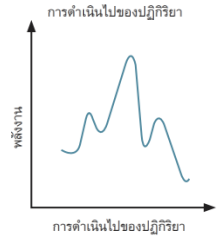
ขั้นตอนที่ 2 $N2O_2 + H_2 \longrightarrow N_2O + H_2O$ (เกิดช้า) ΔH = -

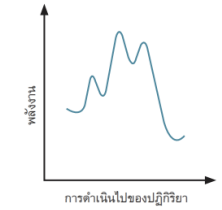
ขั้นตอนที่ 3 $N_2O + H_2 \longrightarrow N_2 + H_2O$ (เกิดเร็ว) ΔH = -

จากความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา หากสมศรีต้องการเขียนกราฟพลังงาน สมศรีจะต้องเขียนตามกราฟข้อใดจึงถูกต้อง

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

คำชี้แจ้ง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 13 - 14

จากการทดลองวัดปริมาตรแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้น ณ เวลาต่าง ๆ ที่ผ่านไป เมื่อใช้ลวด Mg ทำปฏิกิริยากับสารละลาย HCl ในกระบอกตวงได้ข้อมูลดังนี้

ปริมาตรแก๊ส H_2 (cm^3)	เวลา(s)
5	30
10	65
15	100
20	155
25	225

13. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ยของ H_2 มีค่าเท่าใด

ก. 5/30 cm^3/s ข. 15/100 cm^3/s ค. 20/155 cm^3/s ง. 25/225 cm^3/s

14. อัตราการเกิดแก๊ส H_2 ระหว่างปริมาตร 5-10 cm^3 มีค่ากี่ cm^3/s

ก. 1/5 cm^3/s ข. 2/13 cm^3/s ค. 1/7 cm^3/s ง. 1/12cm^3/s

15. การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น ช่วยทำให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น และยังทำให้ปริมาณผลิตภัณฑ์มีมากขึ้นด้วย เพราะเหตุผลข้อใด

ก. เพราะเกิดปฏิกิริยาผันกลับ ข. เพราะเกิดภาวะสมดุล

ค. เพราะปริมาณสารตั้งต้นมีเท่าเดิม ง. เพราะปริมาณสารตั้งต้นมีมากขึ้

16. ในการทดลองต้องการใช้ลวดแมกนีเซียม(Mg) ที่มีลักษณะในข้อใดที่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดเร็วสุด

ก. Mg ที่เป็นม้วนเป็นก้อนกลม

ข. Mg ที่ยืดเป็นเส้นตรงบางและยาวสุด

ค. Mg ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ

ง. Mgที่พับเป็นรอยหยัก เพื่อให้ความยาวของลวดสั้นลง

17. เหตุผลที่เกลือผงละลายเร็วกว่าเกลือเม็ด เพราะเหตุผลใด

ก. เกลือผงมีพลังงานกระตุ้นต่ำกว่าเกลือเม็ด

ข. เกลือผงมีไอออนอิสระพร้อมที่จะรวมตัวกับน้ำ

ค. เกลือผงมีพลงังานโครงผลึกนอ้ยกว่าเกลือเม็ด

ง. เกลือผงมีพื้นที่ผิวมากกว่าเกลือเม็ด18. ทำการทดลองใส่ชิ้นโลหะ A ลงในกรดไนตริกที่อุณหภูมิต่าง ๆกันจะเกิดปฏิกิริยาให้ แก๊สไฮโดรเจนซึ่งจับเวลาที่ใช้ในการเกิดแก๊สไฮโดรเจน 5 ลูกบาศก์เซนติเมตร ได้ข้อมูลดังตาราง ถ้าทำการทดลองที่ 70 องศาเซลเซียส จะต้องใช้เวลากี่นาที

อุณหภูมิ(^{o}C)	เวลา(นาที)
40	80
50	40
60	20

ก. 5 ข. 10 ค. 20 ง. 25

19. โดยทั่วไปอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นประมาณสองเท่า เมื่อเพิ่มอุณหภูมิ 10 °C ในการทดลองหนึ่งสารตัวอย่างของโพแทสเซียมคลอเรต สลายตัว 90 % โดยมวลในเวลา 20 นาที ถ้าเพิ่มอุณหภูมิขึ้น 20°C สารตัวอย่างดังกล่าวจะใช้เวลาในการสลายตัวกี่นาที

ก. 2.5 ข. 5 ค. 10 ง. 15

20. หน้าที่ของตัวเร่งปฏิกิริยาคือข้อใด

ก. ลดความแตกต่างระหว่างพลังงานของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์

ข. เพิ่มพลังงานให้กับโมเลกุลของระบบ

ค. ลดพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยา

ง. ช่วยเพิ่มจำนวนครั้งของการชนกันของโมเลกุลของสารตั้งต้น

21. เธียร์ได้มะม่วงแก่มา 2 ผล แต่เธียร์ต้องการกินมะม่วงสุกจึงได้กระทำดังนี้

<u>ผลที่ 1</u> ห่อด้วยกระดาษหนังสือพิมพ์หลายๆชั้น แล้วใส่ผงแคลเซียมคาร์ไบด์เล็กน้อย จากนั้นเก็บไว้ที่กล่องเปล่าในตู้กับข้าวที่ปิดมิดชิด

<u>ผลที่ 2</u> วางใส่จานแล้ววางไว้บนโต๊ะอาหาร

ผลปรากฏว่าเมื่อผ่านไปหนึ่งวันมะม่วง**<u>ผลที่ 1</u>** สุก แต่**<u>ผลที่ 2</u>** ยังไม่สุก เหตุการณ์ดังกล่าวเป็นผลข้อใด

ก. ตัวเร่งปฏิกิริยาและอุณหภูมิ ข. ตัวเร่งปฏิกิริยาและธรรมชาติของสารตั้งต้น

ค.ธรรมชาติของสารตั้งต้นและอุณหภูมิ ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาและพื้นที่ผิวสัมผัสกับอากาศ

22. เพราะเหตุใดการเคี้ยวอาหารให้ละเอียดก่อนกลืน จึงช่วยทำให้อาหารย่อยเร็วขึ้น

ก. พื้นที่ผิวสัมผัสของอาหารเพิ่มขึ้น ข. พื้นที่ผิวสัมผัสของอาหารลดลง

ค. ทำให้ความเข้มข้นของอาหารเพิ่มขึ้น ง. ทำให้น้ำย่อยมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

23. ปัจจัยอะไรบ้างที่จะส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ก. ความเข้มข้นของสารตั้งต้น ข. พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น

ค. ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วง ง. ถูกทุกข้อ

24. ปัจจัยในข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาลดลง

1. การลดอุณหภูมิ 2. การเติมเอนไซม์

3. การเพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้น 4. การใช้สารที่มีสาร

ก. ข้อ 1. เท่านั้น ข.ข้อ 4. เท่านั้น ค. ข้อ 1. และ 4. ง. ข้อ 2. และ 3.

25. ในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีโดยทั่วไปต้องทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็ว ดังนั้นเวลาทำการทดลองจึงมักกระทำอย่างไร

ก. อุ่นให้ร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ ข. ใช้สารละลายมีความเข้มข้นสูง

ค. ใช้วิธีคนอย่างสม่ำเสมอ ง. ใช้วิธีการทั้ง ก. ข. และ ค.

26. กลไกของปฏิกิริยาออกซิเดชนัจาก V^{3+} ไปเป็น V^{4+} มี 2ขั้นตอนดังนี้

$V^{3+} + Cu^{2+} \longrightarrow V^{4+} + Cu^{+}$, $Cu^{+} + Fe^{3+} \longrightarrow Cu^{2+} + Fe^{2+}$

คะตะไลต์ของปฏิกิริยาคือตัวใด

ก. V^{4+} ข. Cu^{2+} ค. Fe^{3+} ง. Fe^{2+}

27. ข้อใดมีผลทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนแปลง ไปในทิศทางเดียวกัน

ก. เพิ่มอุณหภูมิ ลดความดัน

ข. เพิ่มพื้นที่ผิว ใส่ตัวเร่งปฏิกิริยา

ค. เพิ่มความเข้มข้นของสารตั้งต้นเพิ่มพลังงานก่อกัมมันต์

ง. เพิ่มพื้นที่ผิว เพิ่มขนาดภาชนะที่บรรจุ

28. เมื่อ 1 M HCl ปริมาตร 25 cm^3 ลงในหลอดทดลองที่บรรจุหินปูนชิ้นเล็ก ๆ จะมีก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้น การเปลี่ยนแปลงในข้อใดที่จะไม่ทำให้อัตราของปฏิกิริยา เริ่มต้นเพิ่มขึ้น

ก. ใช้ 1 M HCl 100 cm3 ข. ใช้ 2 M HCl 25 cm^3

ค. ใช้ 2 M HCl 50 cm^3 ง. บดหินปูนให้เป็นผงละเอียด

29. ปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะทองแดงกบัสารละลายซิลเวอร์ไนเตรต ($AgNO_3$) ดังสมการเคมี

$$Cu(s) + AgNO_3(aq) \longrightarrow Ag(s) + CuNO_3(aq)$$

ข้อใดเป็นภาวะที่ปฏิกิริยาเคมีเกิดได้**เร็ว**ที่สุด

ก. แผ่นทองแดงมวล 3 g กับ $AgNO_3$ 1 M ปริมาตร 10 cm^3

ข. แผ่นทองแดงมวล 3 g กับ $AgNO_3$ 2 M ปริมาตร 10 cm^3

ค. ผงทองแดงมวล 3 g กับ $AgNO_3$ 1 M ปริมาตร 10 cm^3

ง. ผงทองแดงมวล 3 g กับ $AgNO_3$ 2 M ปริมาตร 10 cm^3

30. นักเรียนเห็นด้วยหรือไม่กับคำกล่าวที่ว่า “การใช้เปลือกไข่ไก่ที่บดละเอียดทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริกทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วกว่าเปลือกไข่ไก่ไม่บด”

ก. เห็นด้วย เพราะการบดเปลือกไข่ไก่เป็นการเพิ่มปริมาณของเปลืองไข่ไก่ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว

ข. เห็นด้วย เพราะการบดเปลือกไข่ไก่เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของเปลืองไข่ไก่ ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว

ค. เห็นด้วย เพราะการบดเปลือกไข่ไก่เป็นการเพิ่มปริมาตรของสารตั้งต้นทำให้พื้นที่ผิวสัมผัสกับกรดไฮโดรคลอริกมากขึ้น ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดได้เร็ว

ง. เห็นด้วย เพราะการบดเปลือกไข่ไก่เป็นการเป็นการทำลายพันธะของสารตั้งต้นทำให้กรดไฮโดรคลอริกเกิดปฏิกิริยาได้เร็ว

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ก	16	ค
2	ง	17	ง
3	ง	18	ข
4	ง	19	ข
5	ง	20	ค
6	ง	21	ก
7	ก	22	ก
8	ก	23	ง
9	ง	24	ค
10	ค	25	ง
11	ง	26	ข
12	ค	27	ข
13	ง	28	ก
14	ค	29	ง
15	ง	30	ข

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง ข้อสอบเป็นแบบปรนัย จำนวน 40 ข้อ ให้นักเรียนกากบาท (X) คำตอบที่ถูกเพียง 1 ตัวเลือก ลงในกระดาษคำตอบ

1. ทดลองศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาการทดลอง ดังนี้

บีกเกอร์ใบที่ 1 นำผงแคลเซียมคอร์บอเนต ($CaCO_3$) ใส่ลงในกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.2 M ปริมาตร 25 mL ที่อุณภูมิห้อง

บีกเกอร์ใบที่ 2 นำผงแคลเซียมคอร์บอเนต ($CaCO_3$) ใส่ลงในกรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.5 M ปริมาตร 25 mL ที่อุณภูมิห้อง

แล้วสังเกตผลที่เกิดขึ้น ข้อใดเป็นสมมติฐานของการทดลองนี้

ก. ความเข้มข้นของกรดไฮโดรคลอริกส่งผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี

ข. พื้นที่ผิวของแคลเซียมคาร์บอเนตส่งผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี

ค. ปริมาตรของกรดไฮโดรคลอริกส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี

ง. อุณหภูมิส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. นายดำทำการทดลองศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาโดยนา ชิ้นโลหะ 2 ชนิดคือ โลหะโซเดียม (Na) และ โลหะแมกนีเซียม (Mg) มาทำปฏิกิริยากับน้ำปริมาตร 50 mL พร้อม ๆ กัน นายดำสังเกตผล และสรุปผลการทดลองว่า “โลหะโซเดียมทำปฏิกิริยากับน้ำได้เร็วกว่าโลหะแมกนีเซียม” จากการทดลองนี้สมมติฐานที่ ถูกต้องของนายดำ คือ

ก. มวลของโลหะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ข. อุณหภูมิทำให้อัตราการปฏิกิริยาเพิ่มมากขึ้น

ค. ปริมาตรของน้ำมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

ง. ธรรมชาติของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาแตกต่างกัน

3. เมยทำการทดลองศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่าโลหะ แมกนีเซียมยาว 10 cm กับกรดไฮโดรคลอริก เข้มข้น 2 mol/dm^3 สังเกตผล และสรุปผลการทดลองว่านำมาวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่ได้จากการวัดปริมาตรแก๊สไฮโดรเจน ซึ่งช่วงแรกจะใช้เวลาได้น้อยและต่อมาจะใช้เวลามากขึ้นเรื่อย ๆ จาก การทดลองนี้สมมติฐานที่ถูกต้องของเมยคือข้อใด

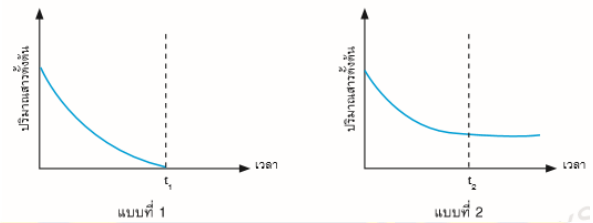
ก.การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของปริมาตรของแก๊ส ไฮโดรเจน(H_2)

ข. การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของความเข้มข้น ไฮโดรคลอริก (HCl)

ค. การวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของอุณหภูมิ

ง. ไม่มีข้อใดถูก

4. กราฟระหว่างปริมาณสารตั้งต้นกับเวลา ซึ่งมี 2 แบบดังนี้



ที่มา: หนังสืออักษรเจริญทัศน์

จากกราฟสมมติฐานที่ถูกต้องคือ

ก. กราฟแสดงปริมาณสารตั้งต้นเพิ่มขึ้นเทียบกับเวลา

ข. กราฟแสดงปริมาณสารตั้งต้นลดลงเทียบกับเวลา

ค. กราฟแสดงปริมาณสารตั้งต้นคงที่เทียบกับเวลา

ง. กราฟแสดงเวลาลดลงเทียบกับปริมาณสารตั้งต้น

5. จากการทดลอง “ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของ สารตั้งต้นจะต้องมีการเคลื่อนที่ชนกันทิศทางที่เหมาะสม” โดยมีข้อสมมุติฐานที่ตั้งไว้ตามข้อใด

ก. การเกิดพลังงานก่อกัมมันต์ ข. อัตราการเกิดปฏิกิริยา

ค. ทฤษฎีการชน ง. กฎอัตรา

6. เด็กชายป๋อง ทำการทดลองศึกษาสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยได้ข้อมูลดังตาราง

หลอดที่	**สารที่ทำปฏิกิริยา**	**ระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยา (s)**
1	$C_2H_2O_4 + H_2SO_4 + KMnO_4$	201
2	$C_2H_2O_4 + H_2SO_4 + KMnO_4 + MnSO_4$	36

ข้อใด**<u>ไม่ใช่</u>**ตัวแปรควบคุม

ก. H_2SO_4 ข. $MnSO_4$ ค. $KMnO_4$ ง. $C_2H_2O_4$

7. ข้อใดคือนิยามเชิงปฏิบัติการของปฏิกิริยาคายพลังงาน

ก. จัดเป็นปฏิกิริยาที่สามารถเกิดขึ้นได้เองเสมอ

ข. เมื่อคำนวณระหว่างพลังงานของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ จะพบว่าพลังงานรวมสุทธิจะมีค่าเป็นลบ

ค. เมื่อนำพลังงานที่ได้จากสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์มาเขียนกราฟ จะพบว่าพลังงานของสารผลิตภัณฑ์จะน้อยกว่าสารตั้งต้น

ง. ทำการผสมสารสองชนิดเข้าด้วยกัน ถ้าเกิดปฏิกิริยาคาย พลังงานขึ้น อุณหภูมิของสารที่เข้าปฏิกิริยากันจะมีอุณหภูมิเพิ่ม สูงขึ้นเมื่อใช้เทอร์โมมิเตอร์วัด และเมื่อใช้มือจับภาชนะที่บรรจุ จะรู้สึกอุ่นหรือร้อน

8. “การเปลี่ยนแปลงของสารในระบบแล้วเกิดผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นสารใหม่ที่มีสมบัติแตกต่างไปจากสารเดิม โดยแต่ละปฏิกิริยาจะใช้ เวลาในการเกิดไม่เท่ากัน” จากข้อความดังกล่าวเป็นคำนิยามเชิงปฏิบัติการของข้อใด

ก. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ข. ปฏิกิริยาเคมี

ค. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเฉลี่ย ง. อัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ จุดใดจุดหนึ่งของเวลา

9. พลังงานก่อกัมมันต์ หมายความว่าอย่างไร

ก. พลังงานปริมาณน้อยที่สุดที่เกิดจากชนกันของอนุภาคสารตั้งต้น

ข. พลังงานปริมาณมากที่สุดที่เกิดจากชนกันของอนุภาคสารตั้งต้น

ค. พลงังานปริมาณน้อยที่สุดที่เกิดจากชนกันของอนุภาคสารผลิตภัณฑ์

ง. พลงังานปริมาณมากที่สุดที่เกิดจากชนกันของอนุภาคสารผลิตภัณฑ์

10. “อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวของสารเมื่อปฏิกิริยา เป็นปฏิกิริยาเนื้อผสม” ปฏิกิริยาเนื้อผสม หมายความว่าอย่างไร

ก. เป็นปฏิกิริยาที่สารบริสุทธิ์

ข. ปฏิกิริยาที่สารในระบบอยู่ในสถานะเดียวกัน

ค. ปฏิกิริยาที่สารในระบบไม่อยู่ในสถานะเดียวกัน

ง. ปฏิกิริยาที่สารในระบบเป็นเนื้อเดียวกันตลอดทั้งเนื้อสาร

คำชี้แจง ใช้ข้อความข้างล่างประกอบการตอบคำถาม ข้อ 11 - 12 ในการทดลองหาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี นักเรียนออกแบบการทดลองดังนี้

<u>การทดลองที่ 1</u> ใช้ลวด Mg นำมาขดม้วนเป็นเกลียว จุ่มลงใน สารละลายกรด HCl เข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 100 mL

<u>การทดลองที่ 2</u> ใช้ลวด Mg ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ใส่ลงไปใน สารละลายกรด HCl เข้มข้น 0.1 M ปริมาตร 100 mL

แล้วทำการวัดปริมาตรแก๊ส H_2 ที่เกิดขึ้น ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ (มวล ของลวด Mg ที่ใช้หนักเท่ากัน และทำการทดลองที่อุณหภูมิห้อง)

11. จากการทดลองนี้ ข้อใดตัวแปรต้นของการทดลอง

ก. แก๊สโดรเจน (H_2) ข. ปริมาตรของ HCl

ค. พื้นที่ผิวของลวด Mg ง. ความเข้มข้นของ HCl

12. จากข้อมูลการทดลองในข้อ 11 ตัวเลือกใดเป็นตัวแปรตามของการ ทดลองนี้

ก. ปริมาตรของ HCl ข. แก๊สไฮโดรเจน (H_2)

ค. ลักษณะของลวด Mg ง. ความเข้มข้นของ HCl

13. ถ้าต้องการทดสอบว่าอุณหภูมิมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หรือไม่ข้อใดเป็นตัวแปรต้นและตัวแปรตาม จงเรียงตามลำดับ

ก. ชนิดของปฏิกิริยา อัตราการเกิดปฏิกิริยา ข. อุณหภูมิ ชนิดของปฏิกิริยา

ค. อุณหภูมิ อัตราการเกิดปฏิกิริยา ง. อัตราการเกิดปฏิกิริยา อุณหภูมิ

14. จากการศึกษา “ปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับกรด ถ้าใช้กรดที่มีความเข้มข้นสูงขึ้นเป็นสารตั้งต้น จะทำให้เวลาในกัดกร่อนโลหะได้เร็วขึ้น” จะต้องศึกษาตัวแปรตามข้อใด

ก. ความเข้มข้นของกรด ข. การกัดกร่อน

ค. โลหะถูกกัดกร่อน ง. เวลาที่โลหะถูกกัดกร่อน

15. เมื่อนำแก๊ส N_2O_5 ไปละลายในตัวทำละลายชนิดหนึ่ง N_2O_5 จะ สลายตัวดังสมการ $2N_2O_5(g) \longrightarrow 4NO_2(g) + O_2(g)$ ถ้า NO_2 ละลายได้ในตัวทำละลายอินทรีย์ชนิดหนึ่ง แต่ O_2 ไม่ละลาย เราจะวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยาไม่ได้ด้วยวิธีใด

ก. การวัดปริมาตรของแก๊ส O_2 ที่เกิดขึ้น ข. การวัดความดันของแก๊ส O_2 ที่เกิดขึ้น

ค. การวดัการนำไฟฟ้าของสารละลาย ง. การวัดความเข้มข้นของสารละลาย

16. ในการศึกษาปฏิกิริยาเคมีโดยทั่วไปถ้าต้องการให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น นักเรียนควรทำอย่างไร

ก. เติมตัวเร่งปฏิกิริยา ข. อุ่นร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิ

ค. ใช้วิธีคนสารละลายสม่ำเสมอ ง. ใช้วิธีการตาม ก ข และ ค

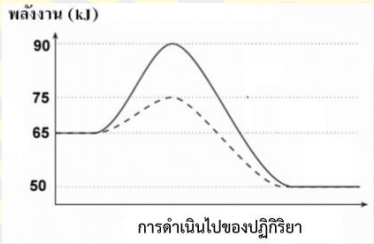
17. ถ้าเด็กนักรียนคนหนึ่ง ทำการทดสอบชนิดของพื้นที่ผิวต่าง ๆของโลหะชนิดต่าง ๆ ได้ผลดังนี้

ชนิดโลหะ	**ลักษณะลวดแมกนีเซียม**	**ระยะเวลาที่ใช้ในการเกิดแก๊สไฮโดรเจน(H_2) (วินาที)**
A	แท่งโลหะแมกนีเซียม(Mg)	191
B	โลหะแมกนีเซียม(Mg) พับเป็นรอยหยัก	109
C	โลหะแมกนีเซียม(Mg) ตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ	89

พื้นที่ผิวของโลหะใดที่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วที่สุดและช้า ที่สุดตามลำดับ

ก. ชนิด A และ B ข. ชนิด B และ C ค. ชนิด A และ C ง. ชนิด A , B และC

18. จากรูปที่กำหนดให้ข้อความที่สามารถสรุปได้คือ



ก. ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาคายพลังงาน ข. ปฏิกิริยานี้เป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน

ค. ปฏิกิริยาเป็นปฏิกิริยาอันดับที่หนึ่ง ง. ปฏิกิริยาสามารถผันกลับได้

19. จากปฏิกิริยา $2KClO_3(s) \longrightarrow 2KCl(g) + 3O_2(g)$ นักเรียน เป็นผู้จัดการของโรงงานแห่งหนึ่ง จึงต้องการผลิตโพแทสเซียม คลอไรด์(KCl) แล้วส่งออกไปขายให้ทันเวลาที่กำหนดหรือเร็วกว่าเวลาที่กำหนดและได้กำไรสูง นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร

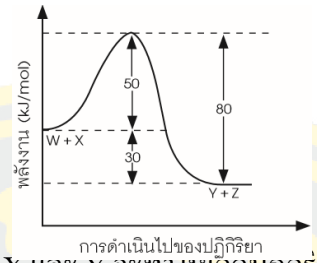
ก. บด $KClO_3$ ให้ละเอียดและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

ข. เพิ่มปริมาณของ $KClO_3$ และใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

ค. เพิ่มความดันของระบบและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

ง. ลดความดันของระบบและใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา

20. ในปฏิกิริยา W + X ⟶ Y + Z มีพลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาไปข้างหน้าและปฏิกิริยาย้อนกลับเท่ากับ 50 และ 80 กิโลจูล/โมล ตามลำดับ ข้อใดสรุปถูกต้อง



ก. การชนกันของอนุภาค X และ Y จะทำให้เกิดปฏิกริยาเคมีได้ทุกครั้ง

ข. ปฏิกิริยาย้อนกลับเป็นปฏิกิริยาดูดพลังงาน

ค. ปฏิกิริยาไปข้างหน้าจะเกิดได้ง่ายกว่าปฏิกิริยาย้อนกล

ง. ข้อ ข. และ ค.

เฉลยแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อที่	คำตอบ	ข้อที่	คำตอบ
1	ก	11	ค
2	ง	12	ข
3	ก	13	ค
4	ข	14	ง
5	ค	15	ค
6	ข	16	ง
7	ง	17	ค
8	ข	18	ก
9	ก	19	ก
10	ค	20	ง

แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี

คำชี้แจง

1. แบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมี นี้มีทั้งหมด 20 ข้อ โดยแต่ละข้อจะประกอบด้วยข้อความเกี่ยวกับเคมีอยู่ทางด้านซ้ายมือ ส่วนด้านขวามือเป็นระดับความคิดเห็น 5 ระดับ คือ

5 หมายถึง เห็นด้วยอย่างยิ่ง
4 หมายถึง เห็นด้วย
3 หมายถึง ไม่แน่ใจ
2 หมายถึง ไม่เห็นด้วย
1 หมายถึง ไม่เห็นด้วยอย่างยิ่ง

2. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความในแต่ละข้อแล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องว่าง ที่ตรงกับระดับความคิดเห็นของนักเรียนมากที่สุดในการตอบแบบวัดเจตคติต่อวิชาเคมีฉบับนี้ ไม่มีความคิดเห็นใดที่ถูกหรือผิดเพราะเกิดจากความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียน และคำตอบของนักเรียนจะไม่มีผลต่อการเรียนของนักเรียนทั้งสิ้น

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1	**ความคิดเห็นทั่วไปต่อวิชาเคมี** วิชาเคมีทำให้รู้จักวิธีป้องกันอันตรายจากสารพิษรอบ ๆ ตัว					
2	วิชาเคมีทำให้ผู้เรียนเกิดความวิตกและกังวลใจ					
3	วิชาเคมีไม่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงในชีวิตประจำวัน					
4	การเรียนวิชาเคมีไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้กับสาขาวิชาอื่น ๆ ได้					
5	**การเห็นความสำคัญต่อวิชาเคมี** การเรียนวิชาเคมีทำให้เราเกิดกระบวนการคิดอย่างมีระบบ					
6	การเรียนวิชาเคมีทำให้เรานำไปใช้เป็นพื้นฐานการศึกษาต่อในระดับสูง					
7	การเรียนวิชาเคมีทำให้เราไม่มีความปลอดภัยในการดำรงชีพ					

ข้อที่	ข้อความ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
8	การเรียนเคมีทำให้เราไม่รู้จักประยุกต์ใช้วัสดุชนิดอื่นทดแทนวัสดุจากธรรมชาติ					
9	**ความสนใจในวิชาเคมี** ข้าพเจ้าไม่ชอบกิจกรรมการทดลองที่เกี่ยวข้องกับวิชาเคมี					
10	ข้าพเจ้ารู้สึกเบื่อเมื่อต้องเข้าชมนิทรรศการที่เกี่ยวกับวิชาเคมี					
11	ข้าพเจ้ารู้สึกไม่อยากเรียนวิชาเคมีมากกว่าวิชาอื่น					
12	ข้าพเจ้ามีความรู้สึกเคมีเป็นวิชาที่ไม่น่าสนใจเรียน					
13	**การนิยมชมชอบต่อวิชาเคมี** ข้าพเจ้าชอบทำแบบฝึกหัดและการบ้านวิชาเคมีด้วยตัวเอง					
14	ข้าพเจ้าจะชอบชมรายการโทรทัศน์ที่มีความรู้ทางด้านเคมีร่วมด้วย					
15	ข้าพเจ้ารู้สึกอยากเรียนวิชาอื่นมากกว่าวิชาเคมี					
16	การร่วมกิจกรรมเกี่ยวกับวิชาเคมีทำให้ข้าพเจ้ารู้สึกเบื่อ					
17	**การแสดงออกหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมเกี่ยวกับวิชาเคมี** การในการจัดนิทรรศการด้านเคมีข้าพเจ้าจะให้การสนับสนุนและร่วมจัดทำ					
18	ข้าพเจ้าตั้งใจทำข้อสอบวิชาเคมีอย่างเต็มที่					
19	ข้าพเจ้าจะพยายามหลีกเลี่ยงที่จะทดลองกิจกรรมที่เกี่ยวกับวิชาเคมี					
20	ถ้ามีโอกาสทำกิจกรรมอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวกับวิชาเคมี ข้าพเจ้าจะทำด้วยความเต็มใจ					

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	พรทิพย์ สังเกตุ
วัน เดือน ปี เกิด	25 กุมภาพันธ์ 2538
สถานที่เกิด	จังหวัดชลบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	50 ม.5 ต.ป่ายุบใน อ.วังจันทร์ จ. ระยอง
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2559 วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมี) มหาวิทยาลัยบูรพา
	พ.ศ. 2564 การศึกษามหาบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์) มหาวิทยาลัยบูรพา