

**การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5**

วรัญญา พิชญภูสสิทธิ

**การค้นคว้าอิสระ เสนอเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา
มิถุนายน 2563
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยนเรศวร**

อาจารย์ที่ปรึกษาและหัวหน้าภาควิชาการศึกษา ได้พิจารณาการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5" เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา วิจัยและประเมินผลการศึกษา ของมหาวิทยาลัยนเรศวร



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอ่อมพร หลินเจริญ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อังคณา อ่อนธานี)

หัวหน้าภาควิชาการศึกษา

มิถุนายน 2563

ประกาศคุณูปการ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งในความกรุณาของ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอื้อมพร หลินเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาเป็นที่ปรึกษาพร้อมทั้ง ให้คำแนะนำตลอดระยะเวลาในการค้นคว้าอิสระตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องด้วยความเอาใจใส่ จนทำให้การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์ และขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากาญจน์ โตพิทักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ ดร.ศรีวิทย์ กันหาไรสง คุณครูอนัญญา แก้วพินิจ และ คุณครูพงฤทธิ์ เทพคุณ ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบและประเมินเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย อีกทั้งยังให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือวิจัยให้มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน ครู และนักเรียนโรงเรียนเจียงทองพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความอนุเคราะห์และ อำนวยความสะดวกแก่ผู้วิจัยในการเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากการค้นคว้าอิสระฉบับนี้ ขอมอบและอุทิศแต่บิดา มารดา ผู้มีพระคุณทุก ๆ ท่าน และผู้วิจัยหวังไว้เป็นอย่างยิ่งว่าการค้นคว้าอิสระนี้จะเป็นประโยชน์ ต่อการส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนต่อไป

วรัญญา พิชญภูสิทธิ

ชื่อเรื่อง	การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ผู้ศึกษาค้นคว้า	วรัญญา พิชญภูลีทธิ
ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชื้อมพร หลินเจริญ
ประเภทสารนิพนธ์	การศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง กศ.ม. สาขาวิชาวิจัยและประเมินผลการศึกษา มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2562
คำสำคัญ	กิจกรรมการเรียนรู้, สะเต็มศึกษา, ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 2) ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 29 คน ได้จากการสุ่มอย่างง่ายโดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา 2) แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จำนวน 30 ข้อ 4) แบบประเมินภาคปฏิบัติ ประกอบด้วยแบบสังเกตการสื่อสาร แบบสังเกตการนำเสนองาน แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน แบบประเมินผลงานโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนเป็นแบบมาตราประมาณค่า 4 ระดับ และ 5) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ และคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) ทดสอบสมมติฐานการวิจัยด้วยสถิติการทดสอบที (One - Sample t-test และ Paired Samples t-test)

ผลการวิจัยพบว่า

1. กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษามี 3 กิจกรรม คือ กิจกรรมนักทำความสะอาดมือโปร กิจกรรมมิตรภาพแห่งเพื่อน และกิจกรรมลูกโป่งสวรรค์ซึ่งแต่ละกิจกรรมมี 6 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหา

โดยภาพรวมกิจกรรมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, $S.D. = 0.56$) และมีประสิทธิภาพ 75.78/75.60 เป็นไปตามเกณฑ์ 75/75 ที่กำหนด

2. ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา พบว่า นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 71.62) มีระดับพัฒนาการอยู่ในระดับสูง ($DS (\%) = 53.34$) และมีผลการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และมีคะแนนสูงกว่าร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาภาพรวมอยู่ในระดับมาก

Title	DEVELOPMENT OF LEARNING ACTIVITIES ON CHEMISTRY COURSE ON RATE OF CHEMICAL REACTIONS USING STEM EDUCATION APPROACH TO LEARNING AND INNOVATION SKILLS OF STUDENTS FOR GRADE 11 STUDENTS'
Authors	Wathanyu Pitchayapisit
Advisor	Assistant Professor Aumporn Lincharoen, Ph.D.
Academic Paper	Independent Studies M.Ed. in Educational Research and Evaluation, Naresuan University, 2019
Keywords	Learning activities, STEM Education, Learning and Innovation Skills

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to create the effective learning activity using STEM Education approach and to determine the effectiveness of learning activity according to the criterion of 75/75; 2) to investigate the result of the learning activity using STEM Education approach; and 3) to study the satisfaction of the students toward learning activity using STEM Education approach. The sample consisted of 29 students who have studied in the 11th grade of the academic year 2019, selected by simple random, random unit was classroom. The research instruments were 1) the learning activities using STEM Education approach; 2) the Learning and Innovation Skills tests; 3) Rate of Chemical Reactions achievement test of 30-items; 4) The performance assessment consists of the communication observation form, the Presentation observation form, the Collaboration observation form and the proficiency test with four-levels scale; and 5) the student satisfaction questionnaire. The data were analyzed by mean, standard deviation, Percentage and Relative Gain Score. The hypotheses of this research were tested by using t-test (One - Sample t-test and Paired Samples t-test).

The results of research were as follows:

1. the learning activity using STEM Education approach are 3 activities, which are Professional Cleaners Activity, Friendship Activity and Balloon Activity with 6 steps as follows: step 1, Problem Identification, step 2, Related Information Search, step 3, Solution Design, step 4, Planning and Development, step 5, Testing, Evaluation and Design

Improvement and step 6, Presentation was at a suitable highest level ($\bar{X} = 4.56$, $S.D. = 0.56$) and defined as 75.78/75.60 efficiency that was follow expected criterion of 75/75.

2. the results of using the learning activity using STEM Education approach were found that the students had learning and innovation skills at a good-level (71.62%), Relative Gain Score was at a high-level (DS (%) = 53.34) and the posttest average score of the students was higher than the pretest score at the .05 level of significance. In addition, the students had the posttest average score of the Rate of Chemical Reactions achievement was higher than the pretest score and higher than the criteria of 75% of the .05 level of significance.

3. the students' satisfaction towards the learning activities using STEM Education approach was at a high level.

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาของปัญหา.....	1
จุดมุ่งหมายของการวิจัย.....	8
ความสำคัญของการวิจัย.....	9
ขอบเขตของการวิจัย.....	9
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	12
สมมติฐานการวิจัย.....	16
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
ตอนที่ 1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม.....	17
ตอนที่ 2 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560.....	30
ตอนที่ 3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	46
ตอนที่ 4 การประเมินภาคปฏิบัติ.....	57
ตอนที่ 5 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้.....	73
ตอนที่ 6 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	81
ตอนที่ 7 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	91
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	92
ชั้นตอนที่ 1 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะ การเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	92

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	103
4 ผลการวิจัย.....	138
ตอนที่ 1 ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	138
ตอนที่ 2 ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	146
ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	153
5 บทสรุป.....	157
สรุปผลการวิจัย.....	158
อภิปรายผล.....	160
ข้อเสนอแนะ.....	164
บรรณานุกรม.....	166
ภาคผนวก.....	178
ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า.....	308

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	35
2 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่องที่ 1 ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	37
3 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่องที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	39
4 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่องที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	40
5 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่องที่ 4 ผลของปัจจัยที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม.....	43
6 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในผลการเรียนรู้ สาระเคมี ข้อ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	44
7 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในผลการเรียนรู้ สาระเคมี ข้อ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	45
8 เปรียบเทียบคุณลักษณะการประเมินแบบดั้งเดิมและการประเมินภาคปฏิบัติ.....	62
9 การเปรียบเทียบการประเมินภาคปฏิบัติกับการประเมินตามสภาพจริง.....	65
10 โครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	96
11 โครงสร้างการออกแบบ แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม.....	106
12 โครงสร้างสถานการณ์ในแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา..	108
13 โครงสร้างการออกแบบ แบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ.....	112
14 โครงสร้างการออกแบบ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา	115
15 สรุปผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	120
16 ขั้นตอนและกิจกรรมการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้.....	124
17 เกณฑ์การตัดสินผลการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในภาพรวม.....	125

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
18	เกณฑ์การประเมินระดับพัฒนาการ..... 126
19	การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5..... 139
20	ผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะ การเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของ ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน..... 139
21	ผลการประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และ นวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบหนึ่งต่อหนึ่ง..... 143
22	ผลการประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และ นวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบหนึ่งต่อสาม..... 145
23	ผลการประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และ นวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบภาคสนาม..... 146
24	จำนวนนักเรียน ร้อยละ และระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนและหลัง การได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษา..... 147
25	คะแนนพัฒนาการด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5..... 148
26	ระดับพัฒนาการทางด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมนักเรียน..... 148
27	ระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้..... 149

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
28 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน (n = 29).....	150
29 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (n = 29).....	151
30 ผลการเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 75 กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	152
31 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	153
32 ผลการพิจารณาผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม.....	246
33 ผลการพิจารณาผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของผู้เชี่ยวชาญในแผนการจัดการจัดกิจกรรมที่ 1.....	250
34 ผลการพิจารณาผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของผู้เชี่ยวชาญในแผนการจัดการจัดกิจกรรมที่ 2.....	254
35 ผลการพิจารณาผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของผู้เชี่ยวชาญในแผนการจัดการจัดกิจกรรมที่ 3.....	259

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
36	ผลการประเมินประสิทธิภาพของจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบกลุ่มเล็ก.....	264
37	ผลการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบภาคสนาม.....	265
38	ผลการตรวจสอบความตรงเชิงผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้กับข้อคำถามในแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม.....	267
39	ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบวัดการสร้างสรรคและนวัตกรรม.....	270
40	ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา.....	271
41	ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ ตอนที่ 1 วัดทักษะการสื่อสาร.....	273
42	ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ ตอนที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น.....	274
43	ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้.....	275
44	ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	277
45	ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้กับเกณฑ์การให้คะแนน.....	279

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
46 ผลการตรวจแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน.....	292
47 ค่าสมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบน ของนักเรียนที่ n ในพฤติกรรมบ่งชี้ที่ k จาก การตรวจแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน.....	293
48 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างประเด็นการสังเกตกับพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึง การสื่อสารความคิดและมุมมองของตนเองโดยใช้ภาษาพูด ภาษาเขียนและ กิริยาท่าทางได้อย่างเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน.....	294
49 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างประเด็นการสังเกตกับพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึง การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามเป้าหมาย โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน.....	296
50 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างประเด็นการสังเกตกับพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึง ความสามารถเลือกใช้วิธีสื่อสารได้อย่างหลากหลายและเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน.....	297
51 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยพิจารณา จากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความคำถามกับคุณลักษณะที่พึงพอใจต่อ การเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้.....	299
52 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อ การเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา.....	302
53 ผลการทดสอบการแจกแจงคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี.....	304

สารบัญภาพ

ภาพ	หน้า
1 แนวโน้มคะแนนเฉลี่ยผลการประเมิน TIMSS ของประเทศไทย.....	3
2 คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์จำแนกตามเนื้อหาวิชาและพฤติกรรมการเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.....	4
3 ผลการทดสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559 – 2561 รายวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร.....	5
4 ผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy).....	5
5 กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21.....	18
6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	50
7 ระดับของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ.....	53
8 กรอบแนวคิดการวิจัย.....	91
9 แบบแผนการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.....	122
10 มุมมองและความคิดเห็นนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1.....	156
11 ความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 – 3.....	156
12 การปฏิบัติกิจกรรม “นักทำความสะอาดมือโปร” ของนักเรียน.....	305
13 การปฏิบัติกิจกรรม “กิจกรรมมิตรภาพแห่งเพื่อน” ของนักเรียน.....	306
14 การปฏิบัติกิจกรรม “ลูกโป่งสวรรค์” ของนักเรียน.....	307

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

การศึกษาเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาสังคม ให้คนซึ่งเป็นสมาชิกของสังคม เป็นคนมีคุณภาพ คุณธรรม ซึ่งประเทศไทยได้มีการตราพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ขึ้นโดยมีความมุ่งหมายตามหมวด 1 มาตรา 6 กล่าวว่า การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีความสุข และมาตรา 22 กล่าวว่า การจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้ และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุด กระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ นอกจากนี้ในมาตรา 23 (2) ยังระบุว่าในการจัดการศึกษาต้องเน้นความสำคัญทั้งความรู้ คุณธรรม กระบวนการเรียนรู้และบูรณาการตามความเหมาะสมในเรื่องความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี รวมทั้งความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เรื่องการจัดการ การบำรุงรักษาและการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างสมดุลยั่งยืน

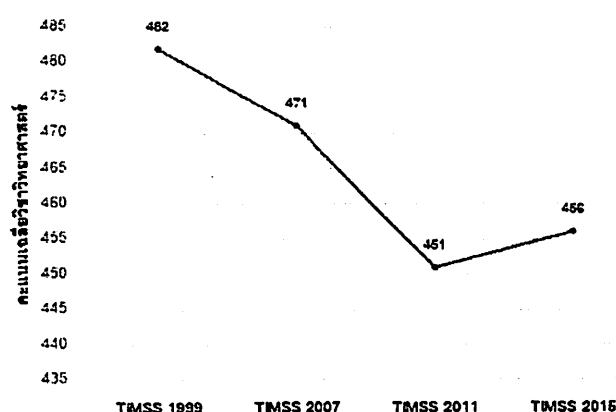
ดังนั้นครูซึ่งเป็นบุคลากรวิชาชีพซึ่งทำหน้าที่หลักทางด้านการเรียนการสอนและการส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนตามพระราชบัญญัตินี้จำเป็นต้องจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับพระราชบัญญัติข้างต้น กล่าวคือ ต้องมีการจัดเนื้อหาสาระและกิจกรรมให้สอดคล้องกับความสนใจและความถนัดของผู้เรียน โดยคำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล ผูกทักษะ กระบวนการคิด การจัดการ การเผชิญสถานการณ์ และการประยุกต์ความรู้มาใช้เพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหา มีการจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากประสบการณ์จริง ฝึกการปฏิบัติให้ทำได้ คิดเป็น ทำเป็น และมีการผสมผสานสาระความรู้ด้านต่าง ๆ อย่างได้สัดส่วนสมดุลกัน (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542, 19 สิงหาคม 2542, หน้า 1 - 23 ; พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545, 19 ธันวาคม 2545, หน้า 16 - 21 ; พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553, 22 กรกฎาคม 2553, หน้า 1 - 3)

จากความสำคัญของการศึกษาในข้างต้น กระทรวงศึกษาธิการจึงได้ออกหนังสือคำสั่งกระทรวงศึกษาธิการ ที่ สพฐ 293/2551 ประกาศใช้หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้นเพื่อให้ท้องถิ่นและสถานศึกษานำไปเป็นกรอบและทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษาและจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชนไทยทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพ มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ประกอบด้วย ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) ซึ่งสมรรถนะดังกล่าวมีความสอดคล้องกับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skill) ที่เป็นทักษะจำเป็นในโลกแห่งศตวรรษที่ 21 ทักษะนี้จะทำให้ผู้เรียนได้มีการปรับตัวและรู้จักเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงานและดำเนินชีวิตในยุคที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง และมีความซับซ้อนมากขึ้นกว่าในอดีตได้ดีขึ้น โดยเฉพาะทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสาร การร่วมมือในการทำงานโดยทักษะที่จำเป็นนี้ประกอบด้วย 3 ทักษะ ได้แก่ 1. การสร้างสรรค์นวัตกรรม (creativity and innovation) เป็นการนำผู้เรียนให้มีการคิดอย่างสร้างสรรค์ สามารถทำงานต่าง ๆ อย่างสร้างสรรค์โดยร่วมมือกับผู้อื่นได้ จนเกิดนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จ 2. การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา (critical thinking and problem solving) ทักษะนี้จะความสามารถของแต่ละบุคคลที่สามารถให้เหตุผลได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถถามคำถามที่แหลมคมโดยนำไปสู่แก้ปัญหาได้ อีกทั้งยังรวมถึงความสามารถในการวิเคราะห์และประเมินทางเลือกที่ชัดเจนของทรศนะและสะท้อนการวิเคราะห์ในการตัดสินใจ กระบวนการ ประกอบด้วย ความมีเหตุผล การคิดอย่างเป็นระบบ การพิจารณาและตัดสินใจ การแก้ปัญหา และ 3. การสื่อสารและการร่วมมือ (communication and collaboration) เป็นลักษณะความสามารถของแต่ละบุคคลที่สื่อสารกับผู้อื่นได้อย่างชัดเจนทั้งที่เป็นวัจนภาษาและอวัจนภาษาทำให้ทำงานรวมกันกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการมีความรับผิดชอบ (Kay, & Greenhill, 2011 อ้างถึงใน นันทิพย์ อองอาจวานิชย์, 2556, หน้า 16 - 20)

นอกจากสมรรถนะสำคัญ 5 ประการที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้วหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ยังได้กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดไว้เป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนทั้งพัฒนาการทางสมองและพหุปัญญา ภายในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดมีการระบุสิ่งที่ผู้เรียนพึงรู้ ปฏิบัติได้ มีคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้าง

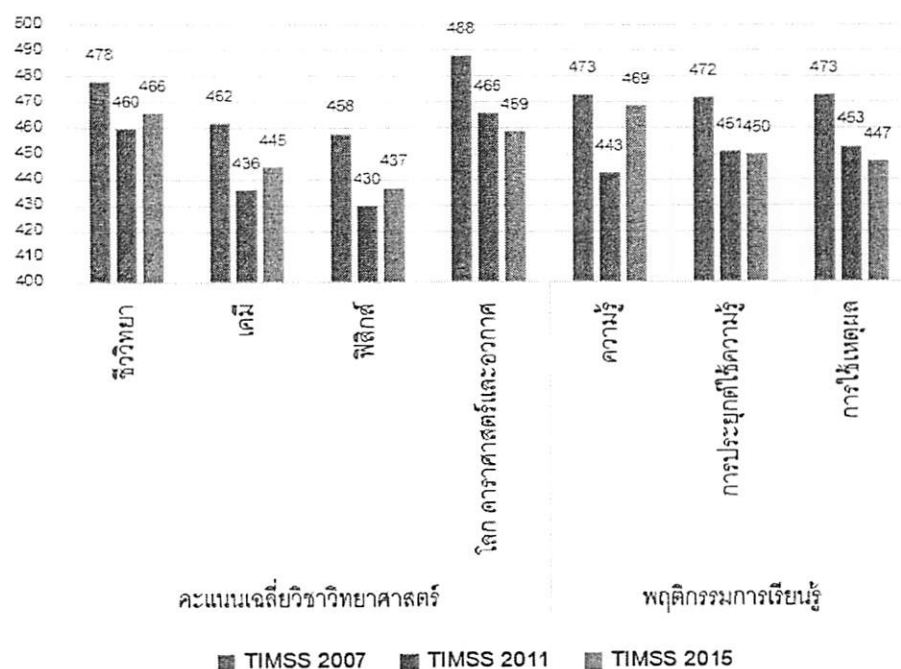
องค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอนทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย โดยกำหนดให้เรียนวิชาพื้นฐาน 4 วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และเทคโนโลยี วิชาเพิ่มเติม 4 วิชา ได้แก่ ชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์และอวกาศ

โครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทย เทียบกับนานาชาติ (TIMSS) ได้รายงานแนวโน้มของผลการประเมินของประเทศไทย ปี ค.ศ. 1999 2007 2011 และ 2015 แสดงดังภาพ 1



ภาพ 1 แนวโน้มคะแนนเฉลี่ยผลการประเมิน TIMSS ของประเทศไทย

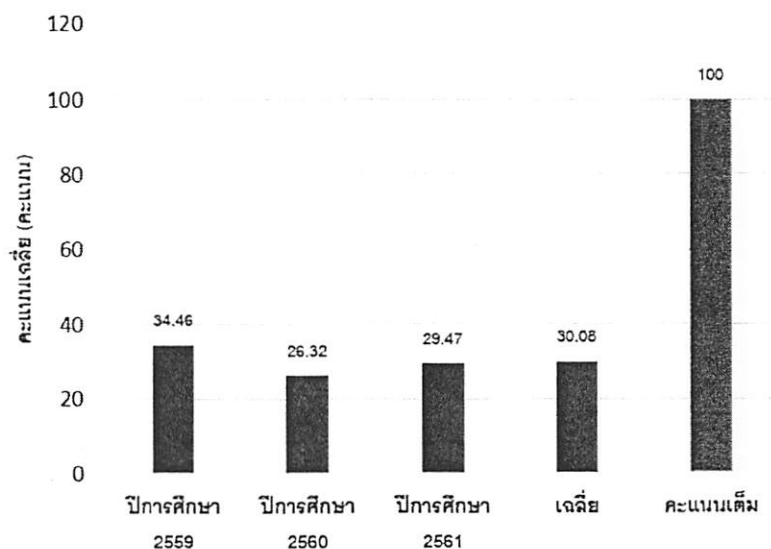
ผลการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยปี ค.ศ. 1999 2007 2011 และ 2015 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ปี ค.ศ. 2015 ได้เพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำคะแนนมาเปรียบเทียบกับผลการทดสอบทางสถิติกับปี ค.ศ. 2011 พบว่า คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้ง 2 ปีไม่มีความแตกต่างกัน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560 หน้า 32) นอกจากนี้ผลการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์โดยจำแนกตามเนื้อหาวิชา และพฤติกรรมการเรียนรู้แสดงได้ดังภาพ 2



ภาพ 2 คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์จำแนกตามเนื้อหาวิชาและพฤติกรรมการเรียนรู้
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ผลการประเมิน TIMSS ของนักเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ชี้ให้เห็นว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีแนวโน้มลดลง โดยเฉพาะวิชาศาสตร์กลุ่มวิชาเคมี และฟิสิกส์ เมื่อพิจารณาพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน ปี ค.ศ. 2015 พบว่า นักเรียนมีผลการประเมินด้านความรู้สูงสุด รองลงมาคือ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการใช้เหตุผล ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดทักษะการประยุกต์ใช้ความรู้และการใช้เหตุผล อีกทั้งยังต้องพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในกลุ่มเคมี และฟิสิกส์ให้สูงขึ้นอีกด้วย

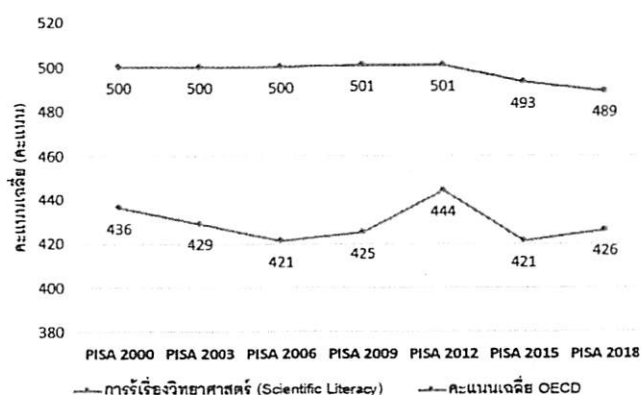
และจากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินั้นพื้นฐาน (O-NET) ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559 – 2561 ในกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร (เคมี) ซึ่งจัดสอบโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2562) ได้ผลการศึกษา ดังภาพ 3



ภาพ 3 ผลการทดสอบ O-NET ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2559 – 2561 รายวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

จากผลการทดสอบการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินิยมขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในปีการศึกษา 2559 – 2561 รายวิชาวิทยาศาสตร์ สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร พบว่านักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย ทั้ง 3 ปี เท่ากับ 30.08 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.35 คะแนน ซึ่งยังมีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 50

นอกจากนี้ผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) นักเรียนไทย ตั้งแต่ ค.ศ. 2000 – 2018 จากโปรแกรมการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) แสดงดังภาพ 4 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2562, หน้า 2)



ภาพ 4 ผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy)

การรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยในช่วง ค.ศ. 2000 – 2018 มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง และยังมีคะแนนโดยเฉลี่ย เท่ากับ 428.86 คะแนน ซึ่งมีผลการประเมินอยู่ในระดับ 2 กล่าวคือ นักเรียนอยู่ในระดับที่สามารถรู้คำอธิบายที่ถูกต้องของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่คุ้นเคยและไม่ซับซ้อนเกินไป สามารถใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อบอกว่าการลงข้อสรุปถูกต้อง สอดคล้องกับข้อมูลที่มีหรือไม่เท่านั้น

จากการประเมินรายวิชาวิทยาศาสตร์ตามโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยเทียบกับนานาชาติ (TIMSS) การทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) และโปรแกรมประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล (PISA) ชี้ให้เห็นว่านักเรียนยังมีผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยยังคงต้องพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจึงจะทำให้นักเรียนไทยในศตวรรษที่ 21 สามารถดำเนินชีวิตในโลกที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามความมุ่งหมายของพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542

สำหรับการพัฒนาให้เยาวชนในประเทศมีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ Capraro et al. (2013, p.34) ได้เสนอว่าการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาว่า สามารถพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้นอกจากนี้การเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษายังส่งเสริมให้ผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง รวมทั้งส่งเสริมความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ให้กับผู้เรียนได้เป็นอย่างดี และ Honey, Pearson and Schweingruber (2014) ยังสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยอธิบายว่าสะเต็มศึกษาเป็นการประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการทำงานในอาชีพต่าง ๆ กล่าวคือ สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา และประกอบอาชีพได้ ซึ่งสอดคล้องกับ วชิร ศรีคุ้ม (2558) ที่กล่าวถึงเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษา และสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้นสามารถยกระดับคุณภาพของนักเรียนให้มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้ และยังช่วยส่งเสริมผู้เรียนให้มีความรู้และทักษะที่เข้มแข็ง ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งจะนำไปสู่การเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพในอนาคต

นอกจากนี้ อโนดาซ์ รัชเวทย์ และคณะ (2560, หน้า 226 - 238) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยคะแนนร้อยละ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 และนักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมโดยเฉลี่ยในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับ ปิยวรรณ ทศกาญจน์ (2560) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษาเรื่องบ้านพยากรณ์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า ความรู้ความเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนจำนวน 3 ด้านคือ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ หลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์ นักเรียนมีผลการประเมินสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น การจัดการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาเคมี ประเทศไทยยังต้องได้รับการพัฒนาทั้งด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและพฤติกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย ความรู้ การประยุกต์ใช้ความรู้ และการใช้เหตุผล ซึ่งวิธีการหนึ่งที่สามารถส่งเสริมผู้เรียนได้คือการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันโดยเน้นให้ผู้เรียนได้นำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนากระบวนการและผลผลิตใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) (สุทธิดา จำรัส, 2560, หน้า 18) ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาและพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งเป็นการเตรียมความพร้อมนักเรียนให้เข้าสู่โลกในศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผลและมีประสิทธิภาพไปตลอดชีวิต

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75

2. เพื่อศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

2.1 เพื่อศึกษาพัฒนาการด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.2 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.3 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.4 เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 75

3. เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ความสำคัญของการวิจัย

1. ได้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ช่วยส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้สูงขึ้น
2. ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้สำหรับครูในรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สามารถนำไปใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอน หรือประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับสภาพการจัดการเรียนการสอนของตนเอง

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research And Development) จำแนกขั้นตอนของการวิจัยออกเป็น 2 ขั้นตอน โดยกำหนดขอบเขตแต่ละขั้นตอนเป็น 3 ด้าน คือ ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ขอบเขตด้านเนื้อหา และขอบเขตด้าน ตัวแปร ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

ผู้ให้ข้อมูลในการประเมินและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้

1.1 การประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้ให้ข้อมูล คือ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

- 1.1.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ วิชาเคมี จำนวน 2 ท่าน
- 1.1.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 1 ท่าน
- 1.1.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน
- 1.1.4 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 1 ท่าน

1.2 การประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

1.2.1 การประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้แบบหนึ่งต่อหนึ่ง

ผู้ให้ข้อมูล คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 3 คน จากนักเรียนกลุ่มนักเรียนเก่ง (เกรด 3.5 – 4.0) ปานกลาง

(เกรด 2.0 - 3.0) และนักเรียนอ่อน (เกรด 0.0 – 1.5) อย่างละ 1 คน โดยใช้ระดับผลการเรียนรายวิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2562 เป็นเกณฑ์

1.2.2 การประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้แบบกลุ่มเล็ก

ผู้ให้ข้อมูล คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 9 คน จากนักเรียนกลุ่มนักเรียนเก่ง (เกรด 3.5 – 4.0) ปานกลาง (เกรด 2.0 - 3.0) และนักเรียนอ่อน เกรด 0.0 – 1.5) อย่างละ 3 คน โดยใช้ระดับผลการเรียนรายวิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2562 เป็นเกณฑ์

1.2.3 การประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้แบบภาคสนาม

ผู้ให้ข้อมูล คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

สาระการเรียนรู้ที่ใช้ในการศึกษา คือ เนื้อหารายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนเจียงทองพิทยาคม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเคมี ข้อ 2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผลการเรียนรู้ ม.5/4 – ม.5/6 บูรณาการกับรายวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) และวิศวกรรมตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. ขอบเขตด้านตัวแปร

3.1 ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

3.2 ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

1. ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

1.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 จำนวน 13 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 29 คน ได้จากการสุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

1.2 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

1.2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี จำนวน 1 ท่าน

1.2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 1 ท่าน

1.2.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน

1.2.4 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 2 ท่าน

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

สาระการเรียนรู้ที่ใช้ในการศึกษา คือ เนื้อหารายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนเจียงทองพิทยาคม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเคมี ข้อ 2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยาเรดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ ผลการเรียนรู้ ม.5/4 – ม.5/6 บูรณาการกับ รายวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) และวิศวกรรมตามตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. ขอบเขตด้านตัวแปร

3.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.2 ตัวแปรตาม

3.2.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย 3 ทักษะ ได้แก่

- 1) ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 2) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา
- 3) ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ

3.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3.2.3 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการ และด้านผลผลิต

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ตามแนวทางสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดมวลงประสบการณ์ในรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา โดยเน้นเนื้อหาเรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ลักษณะบูรณาการความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างวิธีการในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อออกแบบวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างวิธีการแก้ปัญหา แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการวิธีการแก้ปัญหา โดยผลที่ได้ อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาลงการแก้ปัญหา (Presentation) เป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหามาจากการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะ เพื่อการพัฒนาต่อไป

2. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (learning and innovation skills) หมายถึง พฤติกรรม ที่แสดงถึงความสามารถของผู้เรียนในการแสวงหาความรู้ที่หลากหลายโดยอาศัยการวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างความคิดที่แตกต่างและผลงานใหม่ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น โดยวัดจากเครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ประกอบด้วย 3 ทักษะ คือ

ทักษะที่ 1 การสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือ พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถ ในการริเริ่มความคิดหรือพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิมมีความใหม่อย่างชัดเจนนำไปสู่ การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดี มี 4 ตัวบ่งชี้ คือ

1) มีความคล่องในการคิด หมายถึง สามารถอธิบายคำตอบได้ภายในเวลาที่กำหนด และมีความเชื่อมั่นกล้าตัดสินใจแสดงความคิดเห็นในการหาคำตอบได้

2) มีความคิดยืดหยุ่น หมายถึง สามารถหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย และดัดแปลง ความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน

3) มีการริเริ่มความคิดใหม่ หมายถึง สามารถวางแผนและอธิบายการคิดในลักษณะ ที่แปลกใหม่ ที่แตกต่างจากความคิดของผู้อื่น หรือนำความรู้เดิมมาดัดแปลง และประยุกต์ ต่อการอธิบายในสถานการณ์ใหม่ได้

4) มีการสร้างผลงานแปลกใหม่ หมายถึง สามารถสร้างผลงานใหม่ ๆ ได้ หรือ ดัดแปลงประยุกต์ผลงานเดิมให้เป็นผลงานใหม่ได้

ทักษะที่ 2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา คือ พฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพรวมทั้งการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของ กระบวนการทั้งหมด และหาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์ แบ่งได้ 6 ตัวบ่งชี้ คือ

1) ระบุประเด็นปัญหาและทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง สามารถระบุปัญหา และทำความเข้าใจในปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้

2) เลือกและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา หมายถึง สามารถระบุแหล่งข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา จัดระบบข้อมูลโดยวิธีการต่าง ๆ วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าจากสถานการณ์ได้

3) กำหนดสมมติฐานที่จะนำไปสู่การค้นหาวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง การกำหนดหรือคาดเดาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้

4) จัดระบบข้อมูลเพื่อสรุปผลการแก้ปัญหา หมายถึง สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลสอดคล้องกับการออกแบบได้อย่างต่อเนื่อง ครบถ้วน และจัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมมาได้

5) ตัดสินใจลงข้อสรุปการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล หมายถึง สามารถพิจารณาเหตุผลให้เพียงพอในการสรุปปัญหาได้อย่างถูกต้อง

6) สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย หมายถึง พิจารณาผลการตัดสินใจเพื่อเปลี่ยนแปลงข้อสรุปใหม่ในการแก้ปัญหาหากมีเหตุผลหรือข้อมูลเพิ่มเติมและนำข้อสรุปไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ สถานการณ์ได้

ทักษะที่ 3 การสื่อสารและการร่วมมือ คือ ความสามารถในการสื่อสารความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย แบ่งได้ 5 ตัวบ่งชี้ คือ

1) ความสามารถรับสารจากผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึง บอกสิ่งที่ผู้พูดผู้เขียนต้องการสื่อความหมาย และระบุใจความหรือประเด็นสำคัญจากเรื่องที่อ่านหรือรับฟังได้

2) สื่อสารความคิดและมุมมองของตนเองโดยใช้ภาษาพูด ภาษาเขียน และกิริยาท่าทางได้อย่างเหมาะสม หมายถึง การพูดให้คนอื่นเข้าใจ ความคิดมุมมอง และความรู้สึกด้วยภาษาของตนเองรวมทั้งยกตัวอย่างประกอบ และสามารถเขียนบรรยายเรื่องราวต่าง ๆ ให้ผู้อื่นอ่านและเข้าใจได้ รวมถึงการใช้กิริยาท่าทางติดต่อสื่อสาร และสร้างความสัมพันธ์กับเพื่อนในเชิงบวก

3) สามารถเลือกใช้วิธีสื่อสารได้อย่างหลากหลายและเหมาะสม หมายถึง การเลือกวิธีการสื่อสารให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ สถานการณ์ และผู้รับสาร โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อตนเองและสังคม เพื่อถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความคิด ความรู้ และความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนคติของตนเองได้

4) ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามเป้าหมาย หมายถึง สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้กระบวนการกลุ่มในการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบในหน้าที่ในฐานะเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม

5) ยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อนร่วมงานอย่างใจกว้าง หมายถึง การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพื่อประกอบการตัดสินใจแม้ว่าความคิดเห็นนั้นจะแตกต่างจากตน และสามารถปรับเปลี่ยนผลงานตามคำแนะนำหรือความต้องการของเพื่อนในกลุ่มได้

3. การประเมินภาคปฏิบัติ (Performance Assessment) หมายถึง การวัดคุณภาพของนักเรียนด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมผ่านการประเมินคุณภาพของผลงานที่ให้ลงมือปฏิบัติ และกระบวนการปฏิบัติกิจกรรมของนักเรียนในสถานการณ์ของกิจกรรมที่ผู้วิจัยกำหนดขึ้น

4. ประสิทธิภาพของกิจกรรมตามเกณฑ์ 75/75 หมายถึง ประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ช่วยให้นักเรียนทำกิจกรรมระหว่างเรียนและทำแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนได้ถึงเกณฑ์ 75/75 โดยกำหนดให้

75 ตัวแรก หมายถึง คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมที่นักเรียนทำกิจกรรมได้ในระหว่างเรียน

75 ตัวหลัง หมายถึง คะแนนเฉลี่ยร้อยละ 75 ของคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมที่นักเรียนทำได้จากแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียน

5. เกณฑ์ร้อยละ 75 หมายถึง เกณฑ์การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

6. ความพึงพอใจ หมายถึง ระดับความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ด้าน คือ ด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการ และด้านผลลัพธ์

7. คะแนนพัฒนาการ หมายถึง ค่าที่เกิดจากการเปรียบเทียบผลการวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเฉลี่ยก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยสูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (relative gain score: DS (%))

สมมติฐานการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนในระดับดี (ร้อยละ 70) และมีพัฒนาการในระดับสูงขึ้นไป

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 75

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัย
ได้ศึกษาและค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอเป็น 7 ตอน ได้แก่

ตอนที่ 1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

ตอนที่ 2 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา
ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560

ตอนที่ 3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตอนที่ 4 การประเมินภาคปฏิบัติ

ตอนที่ 5 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้

ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ตอนที่ 7 กรอบแนวคิดการวิจัย

รายละเอียดในแต่ละตอน มีดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

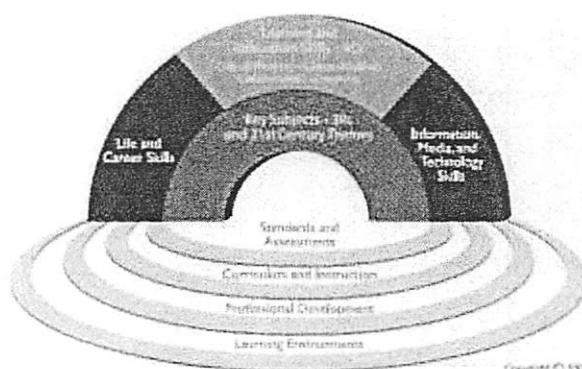
ปัจจุบันโลกได้เข้าสู่คริสต์ศตวรรษที่ 21 ความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทำให้คนในยุคก่อน
ปรับตัวได้ไม่เท่าทันกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ภาควิชาเพื่อทักษะ
แห่งศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century Skills) จึงได้เสนอแนวคิดทักษะแห่ง
ศตวรรษที่ 21 ดังนี้ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2557)

ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st century skills; transversal skills) หมายถึง กลุ่มความรู้
ทักษะ และนิสัยการทำงาน ที่เชื่อว่าจะมีความสำคัญยิ่งต่อความสำเร็จในการเรียนรู้ตลอดชีวิต ทักษะ
ดังกล่าวนี้เป็นผลจากการพัฒนากรอบความคิดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (21st Century
Learning Framework) โดยภาควิชาเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (The Partnership for 21st Century
Skills) เบอร์นี ทริลลิง และชาร์ลส์ เฟเดล (Bernie Trilling & Charles Fadel) ได้เสนอในหนังสือ
21st Century Skills: Learning for Life in Our Times (2009) เป็นสมการ 3Rs + 7Cs เท่ากับ
ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

3Rs ประกอบด้วย ทักษะการรู้หนังสือ ได้แก่ Reading (ทักษะการอ่าน), Writing (Writing-ทักษะการเขียน) และ Arithmetic (Arithmetic-ทักษะเลขคณิต)

7Cs ประกอบด้วย ทักษะ 7 ด้าน คือ

- 1) ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (critical thinking and problem solving)
- 2) ด้านการสื่อสารสารสนเทศและการรู้เท่าทันสื่อ (communications, information, and media literacy)
- 3) ด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีมและภาวะผู้นำ (collaboration, teamwork and leadership)
- 4) ด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (creativity and innovation)
- 5) ด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (computing and ICT literacy)
- 6) ด้านการทำงาน การเรียนรู้ และการพึ่งตนเอง (career and learning self-reliance)
- 7) ด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์ (cross-cultural understanding)



ภาพ 5 กรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21

จากกรอบความคิดเพื่อการจัดการเรียนรู้สำหรับศตวรรษที่ 21 ทำให้ทราบว่าการประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาและฝึกฝนวิทยาการความรู้และทักษะต่าง ๆ นักการศึกษาหลายท่านได้อธิบายทักษะสำหรับการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ตามทัศนะของ Partnership for 21st Century Skills ดังนี้

วิจารณ์ พานิช (2555, หน้า 16 - 21) ได้กล่าวถึงทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วยความรู้เกี่ยวกับโลก (Global Awareness) ความรู้เกี่ยวกับการเงิน เศรษฐศาสตร์ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ (Financial, Economics, Business and Entrepreneurial Literacy) ความรู้ด้านการเป็นพลเมืองที่ดี (Civic Literacy) ความรู้ด้านสุขภาพ (Health Literacy) ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy) ประกอบด้วย

1. ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

ทักษะนี้เป็นตัวกำหนดความพร้อมของผู้เรียนเข้าสู่โลกการทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้นในปัจจุบัน ได้แก่

- 1.1 ความริเริ่มสร้างสรรค์และนวัตกรรม
- 1.2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา
- 1.3 การสื่อสารและการร่วมมือ

2. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี

เนื่องด้วยในปัจจุบันมีการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารผ่านทางสื่อและเทคโนโลยีมากมาย ผู้เรียนจึงต้องมีความสามารถในการแสดงทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และปฏิบัติงานได้หลากหลายโดยอาศัยความรู้ในหลายด้าน ได้แก่

- 2.1 ความรู้ด้านสารสนเทศ
- 2.2 ความรู้เกี่ยวกับสื่อ
- 2.3 ความรู้ด้านเทคโนโลยี

3. ทักษะด้านชีวิตและอาชีพ การดำรงชีวิตและทำงานในยุคปัจจุบันให้ประสบความสำเร็จ

นักเรียนจะต้องพัฒนาทักษะชีวิตที่สำคัญ ได้แก่

- 3.1 ความยืดหยุ่นและการปรับตัว
- 3.2 การริเริ่มสร้างสรรค์และเป็นตัวของตัวเอง
- 3.3 ทักษะสังคมและสังคมข้ามวัฒนธรรม
- 3.4 การเป็นผู้สร้างหรือผู้ผลิต และความรับผิดชอบเชื่อถือได้
- 3.5 ภาวะผู้นำและความรับผิดชอบ

น้ำทิพย์ องอาจวานิชย์ (2556, หน้า 16 - 20) ได้อธิบายกรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ว่าการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ต้องบูรณาการระหว่าง 3 องค์ประกอบหลัก คือ วิชาแกนและแนวคิดสำคัญในศตวรรษที่ 21 (core subjects and 21st Century themes) ระบบสนับสนุนการศึกษาของศตวรรษที่ 21 (supporting systems) และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century skills)

สำหรับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 3 กลุ่มทักษะ คือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (learning and innovation skills) ทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (information, media and technology skills) และทักษะชีวิตและการทำงาน (life and career skills) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (learning and innovation skills) คือ แสดงถึงการเตรียมนักเรียนให้มีความพร้อมในการทำงาน และดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 แตกต่างจากอดีตโดยเฉพาะจะต้องใช้ทักษะการคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสื่อสาร การร่วมมือในการทำงาน สำหรับการมีชีวิตที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้น และสิ่งแวดล้อมในการทำงานในโลกปัจจุบัน โดยทักษะที่จำเป็นได้แก่ (Kay, & Greenhill, 2011)

1.1 การสร้างสรรค์นวัตกรรม

การที่นักเรียนมีการคิดอย่างสร้างสรรค์ สามารถทำงานอย่างสร้างสรรค์ร่วมกับผู้อื่นได้ และเกิดนวัตกรรมที่ประสบความสำเร็จ ประกอบด้วย

1.1.1 การคิดสร้างสรรค์เป็นการใช้ความคิดที่อิสระในการออกแบบเทคนิค สร้างความคิดที่ใหม่และคุ้มค่า วางแผนอย่างละเอียด ปรับ วิเคราะห์ และประเมินความคิดในการปรับปรุงและความพยายามในการสร้างสรรค์

1.1.2 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ สร้างความคิดใหม่เกี่ยวกับการพัฒนาจัดการ และติดต่อสื่อสารอย่างมีประสิทธิภาพ เปิดและตอบสนองเทคนิคใหม่ ๆ ที่หลากหลาย นำมาซึ่งพัฒนาการทำงาน แสดงความคิดริเริ่มและสร้างสรรค์ในงานและเข้าใจข้อจำกัดโลกในความเป็นจริงสู่การรับรองความคิดใหม่ เข้าใจถึงความล้มเหลว เปิดโอกาสในการเรียนรู้ สร้างสรรค์และนวัตกรรมระยะยาว

1.1.3 การใช้นวัตกรรม คือ การใช้ความคิดสร้างสรรค์ในสิ่งที่เป็นจริงและเงื่อนไขที่เป็นประโยชน์ไปยังขอบเขตนวัตกรรมที่จะเกิดขึ้น

1.2 การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา

ความสามารถของแต่ละบุคคลที่ให้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถถามคำถามที่แหลมคม และแก้ปัญหาได้ วิเคราะห์และประเมินทางเลือกที่ชัดเจนของทรรคนะ และสะท้อนการวิเคราะห์ในการตัดสินใจและกระบวนการ ประกอบด้วย

1.2.1 ความมีเหตุมีผล สามารถใช้เหตุผลที่หลากหลายอย่างเหมาะสมกับสถานการณ์

1.2.2 การคิดอย่างเป็นระบบ คือ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแต่ละส่วนต่าง ๆ ที่มีผลต่อภาพรวมและมีผลกระทบต่อทำให้ผลลัพธ์หรือ ผลิตผลทั้งหมดในระบบที่ซับซ้อน

1.2.3 การพิจารณาและตัดสินใจ คือ การวิเคราะห์อย่างมีประสิทธิภาพและประเมินหลักฐาน การโต้เถียง อ้างสิทธิ และความเชื่อการวิเคราะห์และประเมินหลักของทรรคนะ จุดประสงค์ สังเคราะห์และเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลและหลักฐาน การแปลข้อมูลและสรุปบนพื้นฐานของการวิเคราะห์ที่ดีที่สุด สะท้อนการวิเคราะห์จากประสบการณ์การเรียนรู้และกระบวนการ

1.2.4 การแก้ปัญหา คือ การแก้ปัญหาใหม่ ๆ อย่างเป็นระบบโดยวิธีการใหม่ ๆ ที่สร้างสรรค์ ระบุและถามคำถาม จุดประสงค์ที่ชัดเจนของทรรคนะและนำไปสู่วิธีแก้ที่ดี

1.3 การสื่อสารและการร่วมมือ

ความสามารถของแต่ละบุคคลที่สื่อสารได้อย่างชัดเจน ใช้การพูด การเขียน และที่ไม่ใช้ภาษา การทำงานร่วมกันกับผู้อื่นอย่างมีประสิทธิภาพและมีความรับผิดชอบ ประกอบด้วย

1.3.1 การสื่อสารอย่างชัดเจน คือ การคิดอย่างชัดเจนและมีประสิทธิภาพ โดยการพูด เขียน และทักษะการสื่อสารที่ไม่ใช้ภาษา ในความหลากหลายของรูปแบบและบริบท การฟังอย่างมีประสิทธิภาพ การแปลความหมายรวมทั้งความรู้ ค่านิยม เจตคติและเป้าหมาย ใช้การสื่อสารสำหรับขอบเขตของวัตถุประสงค์ (เช่น รายงาน แนะนำ กระตุ้น และชักชวน) ใช้เทคโนโลยีและสื่อที่เป็นประโยชน์โดยสามารถตัดสินใจว่าจะใช้แบบใด มีประสิทธิภาพในการสื่อสารในสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน (รวมถึงการพูดได้หลายภาษา)

1.3.2 การร่วมมือกับผู้อื่น คือ การแสดงความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพและเคารพทีมที่แตกต่างกัน การดำเนินการอย่างคล่องแคล่วและตั้งใจในการช่วยการประนีประนอมที่จำเป็นเพื่อการบรรลุเป้าหมาย ความรับผิดชอบร่วมกันและช่วยเหลือสมาชิกในทีม

2. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี คือ การแสดงความสามารถได้หลากหลาย และมีความคิดอย่างมีวิจารณญาณผ่านการใช้สื่อ และเทคโนโลยีที่พัฒนาขึ้น การเข้าถึงข้อมูลอย่างอิสระ การเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในเครื่องมือเทคโนโลยีและความสามารถในการช่วยเหลือ ประชากรที่มีประสิทธิภาพสามารถที่จะแสดงทักษะโดยทักษะที่จำเป็น ได้แก่

2.1 การรู้สารสนเทศ คือ ความสามารถในการจำแนก ประเมิน และใช้อย่างมีประสิทธิภาพในข้อมูลที่จำเป็น

2.1.1 การเข้าถึงและประเมินสารสนเทศ คือ การเข้าถึงข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล การประเมินการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1.2 การใช้และจัดการสารสนเทศ คือ การใช้ข้อมูลอย่างถูกต้อง และสร้างสรรค์สำหรับปัญหา การจัดการการกระจายของข้อมูลจากหลากหลายแหล่ง การประยุกต์การเข้าใจอย่างแท้จริงของคุณธรรมในการเข้าถึงและการใช้ข้อมูล

2.2 การรู้เท่าทันสื่อ คือ ความสามารถของบุคคลในการออกแบบอย่างมีประสิทธิภาพและเสนอผลิตภัณฑ์สื่อ ซึ่งผู้เรียนต้องการทักษะในการประเมินการวิเคราะห์ การผลิตเกี่ยวกับการสร้างสื่อ

2.2.1 การวิเคราะห์สื่อ คือ เข้าใจข้อความสื่อที่เป็นโครงสร้างว่าทำไม และอย่างไร และวัตถุประสงค์อะไร ตรวจสอบการอธิบายความแตกต่างข้อความอย่างไร ประเมินค่าและจุดประสงค์ของทัศนคติในการรวมเข้าและแยกออก ความเชื่อและพฤติกรรมอิทธิพลสื่ออย่างไร การประยุกต์การเข้าใจอย่างแท้จริงของคุณธรรมในการเข้าถึงและการใช้สื่อ

2.2.2 การใช้ผลผลิตจากสื่อ คือ การเข้าใจและการใช้ประโยชน์สื่อให้เหมาะสมในการออกแบบเครื่องมือ คุณลักษณะ และระเบียบแบบแผนการเข้าใจและการใช้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพในการแสดงออกและการอธิบายอย่างเหมาะสมที่สุดในความแตกต่างทางสิ่งแวดล้อมหลายวัฒนธรรม

2.3 การรู้ด้านไอซีที (ICT) เป็นการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศอย่างคุ้มค่า คือ การใช้เทคโนโลยีเป็นเครื่องมือในการวิจัย จัดการ ประเมิน และติดต่อข้อมูล การใช้เทคโนโลยีดิจิทัล (เช่น คอมพิวเตอร์ GPS เป็นต้น) เครื่องมือสื่อสาร ทางสังคมอย่างเหมาะสมในการเข้าถึง จัดการ รวบรวม ประเมิน และออกแบบข้อมูลให้ประสบความสำเร็จในเศรษฐกิจความรู้ การประยุกต์การเข้าใจอย่างแท้จริงของคุณธรรมในการเข้าถึงและการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

3. ทักษะชีวิตและการทำงาน (life and career skills) คือ ความสามารถในการประเมิน ชี้นำแนวทางการดำรงชีวิตที่ซับซ้อนและการทำงานในโลกที่มีการแข่งขันสูง ความสามารถของแต่ละบุคคลที่ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพกับทีมที่หลากหลาย การเปิดใจยอมรับความคิดที่หลากหลาย พบเป้าหมาย จัดการโครงการอย่างมีประสิทธิภาพ รับผิดชอบ สำหรับผลที่เกิดขึ้น แสดงการปฏิบัติตามหลักจริยธรรมและรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม สิ่งแวดล้อมในการทำงาน และชีวิตในวันนี้ต้องการมากกว่าทักษะในการคิดและความรู้ทางเนื้อหา ความสามารถในการนำไปสู่สิ่งแวดล้อมในการทำงานและชีวิตที่ซับซ้อนในการแข่งขันทางโลก ต้องการนักเรียนที่เอาใจใส่ในการพัฒนา อย่างเหมาะสม โดยทักษะที่จำเป็น ได้แก่

3.1 ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว คือ ความสามารถในการปรับบทบาท ไปสู่การเปลี่ยนแปลงได้ และให้ผลสะท้อนกลับอย่างมีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

3.1.1 การปรับไปสู่การเปลี่ยนแปลง คือ การปรับบทบาทที่หลากหลาย ความรับผิดชอบต่องาน ตารางเวลา และสิ่งแวดล้อม ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในความคลุมเครือของสังคมและการเปลี่ยนแปลง

3.1.2 มีความยืดหยุ่น คือ การให้ผลสะท้อนกลับอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถดำเนินการจัดการในเชิงบวก ร่วมกับการชมเชย ความล้มเหลว และการวิจารณ์ทางบวก เข้าใจ จัดการ และทัศนคติที่หลากหลายให้สมดุล

3.2 การริเริ่มและการชี้นำตนเอง คือ ความสามารถในการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง โดยการตั้งเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถทำงานได้อย่างอิสระ ประกอบด้วย

3.2.1 จัดการเป้าหมายและเวลา คือ เป้าหมายกับเกณฑ์ที่ประสบความสำเร็จ ในสิ่งที่ เป็นจริง และไม่เป็นจริง เป้าหมาย ยุทธวิธีในระยะสั้นและยาวให้สมดุล ใช้เวลา ให้เป็นประโยชน์ และกำหนดภาระงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.2.2 ทำงานอย่างอิสระ คือ ควบคุม อธิบาย จัดการงานอย่างสมบูรณ์ โดยปราศจากความผิดพลาด

3.2.3 ผู้เรียนรู้ได้ด้วยตนเอง คือ การเรียนรู้พื้นฐานของทักษะและหลักสูตร ในการสำรวจและขยายการเรียนรู้และโอกาสในการได้ความชำนาญ แสดงการริเริ่มระดับทักษะ สูงไปยังระดับเชี่ยวชาญ

3.3 ทักษะทางสังคมและพหุวัฒนธรรม คือ ความสามารถในการทำงานได้ดี กับผู้ร่วมงาน นำเสนอความเชี่ยวชาญด้วยตนเอง เคารพ และยอมรับความแตกต่างทางสังคม และวัฒนธรรม

3.3.1 การมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น การรู้ความเหมาะสมในการฟังและการพูด การทำตัวให้น่าเคารพ และมีมารยาทงดงาม

3.3.2 ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพในทีมที่แตกต่าง คือ เคารพวัฒนธรรมที่แตกต่าง และทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ รับฟังความคิดเห็น ค่านิยมที่แตกต่าง อิทธิพล ความแตกต่างทางสังคมและวัฒนธรรมในการออกแบบความคิดและการเพิ่มทั้งนวัตกรรมและคุณภาพของงาน

3.4 ความรับผิดชอบในการทำงานและการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ คือ การจัดการ และเผชิญเป้าหมาย ความจำเป็นที่มาก่อน การจัดการเวลาทำงาน

3.4.1 จัดการโครงการ คือ การตั้งเป้าหมาย เมื่อพบกับอุปสรรค และความกดดัน การวางแผนและจัดการงานให้สำเร็จไปสู่ผลลัพธ์ที่มุ่งหมาย

3.4.2 ผลิตผลลัพธ์ แสดงความเกี่ยวข้องของคุณลักษณะกับการผลิตผลลัพธ์ ที่มีคุณภาพ รวมทั้งความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ จัดการเวลา และโครงการ อย่างมีประสิทธิภาพ ทำงานได้หลายรูปแบบ การมีส่วนร่วมในกิจกรรมที่น่าเชื่อถือ มีความตรงต่อ เวลาการร่วมมืออย่างมีประสิทธิภาพกับทีม เคารพและชมเชยทีม และสามารถอธิบายสำหรับ ผลลัพธ์ได้

3.5 ภาวะความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบต่อสังคม ความสามารถของแต่ละบุคคลในการทำงานและการเอาใจใส่สังคม กระตุ้นผู้อื่น ประเมินจุดแข็งของผู้อื่นไปยังเป้าหมาย ที่บรรลุผล

3.5.1 แนะนำและเป็นผู้นำผู้อื่น คือ การใช้ความสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและ ทักษะการแก้ปัญหาในการแนะนำผู้อื่นไปสู่เป้าหมายรู้จักการใช้ประโยชน์จากจุดแข็งของผู้อื่น ให้ประสบความสำเร็จไปยังเป้าหมาย กระตุ้นผู้อื่นไปถึงในสิ่งที่ดีที่สุดผ่านตัวอย่างแสดงให้เห็นถึง ความมีคุณธรรม และพฤติกรรมที่มีจริยธรรมในการใช้อิทธิพลและอำนาจในทางที่ถูก

3.5.2 มีความรับผิดชอบต่อผู้อื่น คือ แสดงความรับผิดชอบต่อสังคม

เบญจวรรณ ถนอมชยธวัช และคณะ (2559) ได้กล่าวถึงความท้าทายในการพัฒนา นักศึกษาที่เน้นทั้งทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 และคุณลักษณะที่สำคัญสำหรับอนาคต มีรายละเอียดดังนี้

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (learning and innovation skills)

ทักษะด้านนี้มีจุดเน้นด้านการคิดแบบมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสาร และการร่วมมือทำงาน การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประกอบด้วย

1.1 การคิดแบบมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ประกอบด้วย ประสิทธิภาพของการใช้เหตุผลทั้งในเชิงนิรนัย และอุปนัยได้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่เกิดขึ้น สามารถใช้วิธีคิดเชิงระบบ โดยคิดจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่ออย่างเป็นองค์รวม และเป็นระบบครบวงจรในวิธีการคิดนั้น และเกิดประสิทธิภาพในการตัดสินใจสำหรับการแก้ปัญหา สามารถแก้ไขปัญหาลักษณะหลายเทคนิควิธีการตามสถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุด

1.2 การคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creatively and Innovation) โดยสร้างสรรค์สิ่งแปลกใหม่และเสริมสร้างคุณค่าทางความคิดและสติปัญญา มีความละเอียดรอบคอบต่อการคิดวิเคราะห์และประเมินแนวความคิดเพื่อนำไปสู่การปรับปรุง พัฒนางานในเชิงสร้างสรรค์สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างสร้างสรรค์สามารถสร้างวิกฤติให้เป็นโอกาสส่งผลต่อการเรียนรู้เข้าใจวิธีการสร้างสรรค์นวัตกรรมและสามารถนำข้อผิดพลาดมาปรับปรุงแก้ไข และพัฒนางานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น (Communication and Collaboration) โดยสามารถสื่อสารได้ถูกต้อง ชัดเจน และมีประสิทธิภาพ ทั้งการพูด การฟังและการเขียน และสามารถใช้สื่อที่หลากหลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่วนการทำงานร่วมกับผู้อื่น โดยมีความสามารถในการเป็นผู้นำในการทำงานและเป็นที่ยอมรับในทีม มีความรับผิดชอบในงานและทำงานบรรลุผลตามที่มุ่งหวัง สร้างการมีส่วนร่วมในความรับผิดชอบ และมองเห็นคุณค่าของการทำงานเป็นทีม

2. ทักษะการชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) ประกอบด้วย

2.1 ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว มีความสามารถในการปรับตัวเพื่อการเปลี่ยนแปลงตามบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบ และเกิดความยืดหยุ่นในการทำงานสามารถสร้างความสมดุลในการทำงานและก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเชิงสร้างสรรค์

2.2 ความคิดริเริ่มและการชี้นำตนเอง มีความสามารถจัดการด้านเป้าหมายและเวลาสามารถสร้างงานอิสระ และเป็นผู้นำที่มีประสิทธิภาพในตนเองเป็นผู้นำในการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Life Long Learning)

2.3 ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม ประกอบด้วย ประสิทธิภาพเชิงปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่น การสร้างทีมงานที่มีคุณค่า

2.4 การเพิ่มผลผลิตและการรู้รับผิด ประกอบด้วย การจัดการโครงการและผลผลิตที่เกิดขึ้น

2.5 ความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ ประกอบด้วย ความเป็นตัวแบบและ เป็นผู้นำคนอื่น

3. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี

3.1 ความรู้พื้นฐานด้านสารสนเทศ ที่มีความสามารถในการเข้าถึงสารสนเทศ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลและสามารถใช้วิจารณ์ในการประเมินสารสนเทศ เพิ่มประสิทธิภาพการใช้งานได้อย่างสร้างสรรค์

3.2 ความรู้พื้นฐานด้านสื่อโดยมีความรู้ความเข้าใจในการผลิตสื่อให้ตรงกับ วัตถุประสงค์และสามารถใช้ให้ตอบสนองกับปัจเจกบุคคล ภายใต้กรอบแห่งคุณธรรมจริยธรรม

3.3 ความรู้พื้นฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (ICT) สามารถใช้ เทคโนโลยีดิจิทัล ในการสื่อสาร การเข้าถึงข้อมูลสารสนเทศ และการสร้างเครือข่ายได้อย่าง เหมาะสมซึ่งล้วนเป็นทักษะสำคัญสำหรับพลเมืองโลกทุกวันนี้

สรุปได้ว่า การประสบความสำเร็จในการประกอบอาชีพและดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 ผู้เรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาและฝึกฝนวิทยาการความรู้และทักษะต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะการใช้ ชีวิตและอาชีพ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี ซึ่งล้วน เป็นทักษะสำคัญสำหรับพลเมืองโลกทุกวันนี้ นอกจากนี้ยังต้องมีรูปแบบและวิธีการประเมิน การเรียนรู้และทักษะเหล่านี้อย่างสอดคล้อง เหมาะสม และมีประสิทธิภาพ กรอบความคิดนี้ ยังอธิบายอีกว่าผู้เรียนแห่งศตวรรษที่ 21 จะประสบความสำเร็จในชีวิตและอาชีพได้จำเป็นต้องรู้ หนังสือ นั่นคือมีความสามารถในการอ่านออกเขียนได้ควบคู่ไปกับความรอบรู้ที่บูรณาการกัน ระหว่างความรู้ในวิชาการและทักษะกระบวนการต่าง ๆ ที่กล่าวมา ดังนั้นบุคคลแห่งศตวรรษที่ 21 จะต้องเป็นผู้รู้หนังสือ มีทักษะในการเสาะแสวงหาความรู้ได้ด้วยตัวเองอันนำไปสู่การเป็น ผู้มีความรู้ทางวิชาการที่เข้มแข็งจึงจะสามารถคิดอย่างมีวิจารณญาณ สร้างสรรค์ สื่อสารและ ทำงานร่วมมือกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สำหรับการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสามารถผสมผสานบูรณาการควบคู่ไปกับการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยการจัดระบบต่าง ๆ เช่น หลักสูตรสถานศึกษา สื่อการ จัดการเรียนรู้ การประเมินการเรียนรู้ ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ ตลอดจนสภาพแวดล้อม ให้ส่งเสริมสนับสนุนการเรียนรู้ด้านวิชาการ เพื่อให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผ่านการเรียนรู้ที่มีความสุขและเห็นประโยชน์ของการหมั่นเพียรเรียนรู้และฝึกฝนเพื่อพัฒนา สมรรถนะที่จำเป็นเหล่านี้และประสบความสำเร็จในอนาคต ผู้วิจัยจึงให้ความสำคัญกับทักษะ

การเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้เรียน เนื่องจากทักษะนี้เป็นทักษะแรกอยู่บนยอดของกรอบแนวคิดทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญของทักษะ ด้วยโลกปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงเร็วขึ้นเรื่อย ๆ และเพิ่มความซับซ้อนมากขึ้น คนที่อ่อนแอในทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมนี้จะเป็นคนที่ตามโลกไม่ทันและใช้ชีวิตลำบากขึ้นในอนาคต ฉะนั้นจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับนักเรียนในยุคปัจจุบันที่จำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เนื่องจากเป็นการฝึกฝนนักเรียนให้เป็นคนแหลมคม ฉับไว และมีความอดทนในการทำงานต่าง ๆ อีกทั้งยังฝึกให้นักเรียนสามารถเกิดกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ (systems thinking) เพื่อใช้สำหรับการดำรงชีวิต และใช้เพื่อการเรียนรู้ตลอดชีวิตของตนเองในยุคพลวัตนี้

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation)

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีนักวิชาการได้ให้ความหมายของคำว่าทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมไว้ดังนี้

วิจารณ์ พานิช (2555, หน้า 28) กล่าวว่า ทักษะการเรียนรู้ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม คือทักษะการเรียนรู้ที่ใช้มุมมองต่าง ๆ ที่หลากหลายมาสร้างมุมมองที่แปลกใหม่ ซึ่งอาจจะพัฒนาจากของเดิมที่มีอยู่หรือสร้างมุมมองใหม่ขึ้นมาที่ไม่เหมือนกับใครนำไปสู่ผลผลิตที่เป็นรูปธรรม

น้ำทิพย์ อองอาจวานิชย์ (2556, หน้า 40) กล่าวว่า ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถของผู้เรียนในการแสวงหาความรู้ที่หลากหลายโดยอาศัยการวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างความคิดที่แตกต่างและผลงานใหม่ ๆ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่ดีขึ้น

ศูนย์ประกันคุณภาพการศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ (2557, ไม่มีเลขหน้า) กล่าวว่า ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) เป็นทักษะที่สำคัญในการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการเข้าสู่โลกของการทำงานในระบบเศรษฐกิจที่มีความซับซ้อนและมีเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำงานมากขึ้น

จริยา พิชัยคำ (2559, หน้า 4) กล่าวว่า ทักษะการเรียนรู้และสร้างนวัตกรรมใหม่ (Learning and Innovation Skills) เป็นทักษะที่ผู้เรียนต้องมั่นฝึกฝน พัฒนาตนเอง เรียนให้เกิดทักษะ เรียนโดยการปฏิบัติ (learning by doing) เนื่องจากทักษะด้านนี้เป็นตัวกำหนดความพร้อมของผู้เรียนในการเข้าสู่การทำงานซึ่งมีความซับซ้อนเพิ่มมากขึ้นในบริบทของโลกยุคปัจจุบัน ซึ่งการเรียนรู้ทักษะในการเรียนรู้ (Learning how to learn) และทักษะในการสร้างการเปลี่ยนแปลงไปในทางดีขึ้น (นวัตกรรม) ประกอบด้วยทักษะย่อย คือ 1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณ

(Critical thinking) และการแก้ปัญหา (Problem solving) ซึ่งหมายถึงการคิดอย่างผู้เชี่ยวชาญ (Expert thinking) 2. การสื่อสาร (Communication) และความร่วมมือ (Collaboration) ซึ่งหมายถึง การสื่อสารอย่างซับซ้อน (Complex communication) และ 3. การริเริ่มสร้างสรรค์ (Creativity) และนวัตกรรม (Innovation) ซึ่งหมายถึง การประยุกต์ใช้จินตนาการและการประดิษฐ์

ธนภฤตา แจ่มดวง (2560, หน้า 7) กล่าวว่า ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) เป็นทักษะมีความสำคัญในฐานะที่เป็นการเตรียมผู้เรียนให้มีความพร้อม กับสภาพแวดล้อมที่มีความสลับซับซ้อนในอนาคต โดยมีจุดมุ่งหมายที่สร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์การสื่อสารและความร่วมมือซึ่งประกอบด้วยมีองค์ประกอบอยู่ด้วยกัน 4 องค์ประกอบ ได้แก่ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ทักษะการสื่อสารและความร่วมมือทักษะการทำงาน เป็นทีม และทักษะสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ธีรังกูร วรบำรุงกุล, และคณะ (2562) กล่าวว่า ทักษะด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม เป็นตัวกำหนดความพร้อมของผู้เรียนเพื่อการเข้าสู่โลกการทำงานที่มีความซับซ้อนมากขึ้น ในปัจจุบัน เป็นทักษะที่มุ่งเน้นให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ การคิดเชิงวิพากษ์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร การร่วมมือทำงาน การทำงานเป็นทีม การสร้างนวัตกรรม และการปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคล ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมจึงเป็นพื้นฐานที่มีความจำเป็นในการทำงานในอนาคต

สรุปได้ว่า ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เป็นทักษะสำคัญในการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนในการแสวงหาความรู้ที่หลากหลายโดยอาศัยการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพ และรู้จักวิธีการทำงานร่วมกับผู้อื่นซึ่งจะนำไปสู่การสร้างความคิดที่แตกต่างและ ผลงานใหม่ ๆ ในทางที่ดีขึ้น

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้องค์ประกอบและตัวบ่งชี้พฤติกรรมตามกรอบแนวคิดของภาคิ เพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่พิชญา ติมิ (2556, หน้า 32 - 47) ได้สังเคราะห์ขึ้นในการพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริม ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้

1. ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม (creativity and innovation skills) คือ พฤติกรรม ที่แสดงถึงความสามารถในการริเริ่มความคิดหรือพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิม มีความใหม่ อย่างชัดเจน นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดี มี 4 ตัวบ่งชี้ คือ

1.1 มีความคล่องในการคิด หมายถึง สามารถอธิบายคำตอบได้ภายในเวลา ที่กำหนดและมีความเชื่อมั่นกล้าตัดสินใจแสดงความคิดในการหาคำตอบได้

1.2 มีความคิดยืดหยุ่น หมายถึง สามารถหาคำตอบได้อย่างหลากหลาย และ
 ดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน

1.3 มีการริเริ่มความคิดใหม่ หมายถึง สามารถวางแผนและอธิบายการคิด
 ในลักษณะที่แปลกใหม่ ที่แตกต่างจากความคิดของผู้อื่น หรือนำความรู้เดิมมาดัดแปลง และ
 ประยุกต์ต่อการอธิบายในสถานการณ์ใหม่ได้

1.4 มีการสร้างผลงานแปลกใหม่ หมายถึง สามารถสร้างผลงานใหม่ ๆ ได้ หรือ
 ดัดแปลงประยุกต์ผลงานเดิมให้เป็นผลงานใหม่ได้

2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (critical thinking and
 problem) คือ พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการใช้เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพรวมทั้ง
 การวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการทั้งหมด และหาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสม
 กับสถานการณ์ แบ่งได้ 6 ตัวบ่งชี้ คือ

2.1 ระบุประเด็นปัญหาและทำความเข้าใจปัญหา หมายถึง สามารถระบุปัญหาและ
 ทำความเข้าใจในปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้

2.2 เลือกและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา หมายถึง
 สามารถระบุแหล่งข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา จัดระบบข้อมูลโดยวิธีการต่าง ๆ วินิจฉัย
 ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าจากสถานการณ์ได้

2.3 กำหนดสมมติฐานที่จะนำไปสู่การค้นหาวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง สามารถ
 กำหนดหรือคาดเดาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้

2.4 จัดระบบข้อมูลเพื่อสรุปผลการแก้ปัญหา หมายถึง เก็บรวบรวมข้อมูลสอดคล้อง
 กับการออกแบบได้อย่างต่อเนื่อง ครบถ้วน และจัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมมาได้

2.5 ตัดสินใจลงข้อสรุปการแก้ปัญหาย่างสมเหตุสมผล หมายถึง สามารถพิจารณา
 เหตุผลให้เพียงพอในการสรุปปัญหาได้อย่างถูกต้อง

2.6 สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย หมายถึง พิจารณาผล
 การตัดสินใจเพื่อเปลี่ยนแปลงข้อสรุปใหม่ในการแก้ปัญหากว่ามีเหตุผลหรือข้อมูลเพิ่มเติม
 และนำข้อสรุปไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ สถานการณ์ได้

3. การสื่อสารและการร่วมมือ (communication and collaboration) คือ ความสามารถ
 ในการสื่อสารความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถ
 ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย แบ่งได้ 5 ตัวบ่งชี้ คือ

3.1 ความสามารถรับสารจากผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ หมายถึง บอกสิ่งที่ผู้พูด ผู้เขียนต้องการสื่อความหมาย และระบุใจความหรือประเด็นสำคัญจากเรื่องที้อ่านหรือรับฟังได้

3.2 สื่อสารความคิดและมุมมองของตนเองโดยใช้ภาษาพูด ภาษาเขียน และกิริยา ท่าทางได้อย่างเหมาะสม หมายถึง การพูดให้คนอื่นเข้าใจ ความคิดมุมมอง และความรู้สึก ด้วยภาษาของตนเองรวมทั้งยกตัวอย่างประกอบ และสามารถเขียนบรรยายเรื่องราวต่าง ๆ ให้ผู้อื่น อ่านและเข้าใจได้ รวมถึงการใช้กิริยาท่าทางติดต่อสื่อสาร และสร้างความสัมพันธ์กับเพื่อนในเชิงบวก

3.3 สามารถเลือกใช้วิธีสื่อสารได้อย่างหลากหลายและเหมาะสม หมายถึง การเลือก วิธีการสื่อสารให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ สถานการณ์ และผู้รับสาร โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อตนเองและสังคม เพื่อถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความคิด ความรู้ และความเข้าใจ ความรู้สึกและ ทัศนคติของตนเองได้

3.4 ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามเป้าหมาย หมายถึง สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้กระบวนการกลุ่มในการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบในหน้าที่ในฐานะเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่ม

3.5 ยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อนร่วมงานอย่างใจกว้าง หมายถึง การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพื่อประกอบการตัดสินใจแม้ว่าความคิดนั้นจะแตกต่างจากตน และสามารถปรับเปลี่ยนผลงานตามคำแนะนำหรือความต้องการของเพื่อนในกลุ่มได้

ตอนที่ 2 หลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560

กระทรวงศึกษาธิการได้มีคำสั่ง ที่ สพฐ 293/2551 เรื่อง ให้ใช้หลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) โดยได้จัดทำเอกสารหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้นสำหรับท้องถิ่นและสถานศึกษาได้นำไปใช้เป็นกรอบ และทิศทางในการจัดทำหลักสูตรสถานศึกษา และจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาเด็กและเยาวชน ไทยทุกคนในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานให้มีคุณภาพ พร้อมสำหรับการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการ เปลี่ยนแปลง และสามารถแสวงหาความรู้เพื่อพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องตลอดชีวิต โดยได้กำหนด มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดไว้เป็นเป้าหมายสำคัญในการพัฒนาคุณภาพผู้เรียนทั้งพัฒนาการ ทางสมองและพหุปัญญา ภายในมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดนั้นมีการระบุสิ่งที่ผู้เรียน ฟังรู้ปฏิบัติได้มีคุณธรรมจริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 สาระการเรียนรู้ ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเคมี มีรายละเอียด ดังนี้

1. การเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้ออกมาสู่กระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยกำหนดสาระสำคัญที่จำเป็นต้องเรียนเป็นรายวิชาพื้นฐาน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560, หน้า 127 - 237) ดังนี้

วิทยาศาสตร์ชีวภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ชีวิตในสิ่งแวดล้อม องค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของมนุษย์และสัตว์ การดำรงชีวิตของพืช พันธุกรรม ความหลากหลายทางชีวภาพ และวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต

วิทยาศาสตร์กายภาพ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติของสาร การเปลี่ยนแปลงของสาร การเคลื่อนที่ พลังงาน และคลื่น

วิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ องค์ประกอบของเอกภพ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ เทคโนโลยีอวกาศ ระบบโลก การเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา กระบวนการเปลี่ยนแปลงลมฟ้าอากาศ และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เทคโนโลยี มี 2 ส่วน ประกอบด้วย

1. การออกแบบและเทคโนโลยี เรียนรู้เกี่ยวกับ เทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2. วิทยาการคำนวณ เรียนรู้เกี่ยวกับ การคิดเชิงคำนวณ การคิดวิเคราะห์ แก้ปัญหาเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร ในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ยังมีรายวิชาเพิ่มเติมที่จัดทำขึ้นสำหรับผู้เรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ที่จำเป็นต้องเรียนเนื้อหาในสาระชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ และโลกดาราศาสตร์ และอวกาศ ซึ่งเป็นพื้นฐานสำคัญและเพียงพอสำหรับการศึกษาต่อในระดับอุดมศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์เพื่อประกอบวิชาชีพในสาขาที่ใช้วิทยาศาสตร์เป็นฐาน โดยมีผลการเรียนรู้ที่ครอบคลุมด้านเนื้อหา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 รวมทั้งจิตวิทยาศาสตร์ที่ผู้เรียนจำเป็นต้องมี

โดยมีเนื้อหาที่ทัดเทียมกับนานาชาติ เน้นกระบวนการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา รวมทั้ง เชื่อมโยงความรู้สู่การนำไปใช้ในชีวิตรจริง ในรายวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ผู้เรียนจะได้เรียนรู้ สาระสำคัญ ดังนี้

ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต เซลล์ ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลายทางชีวภาพโครงสร้างและ การทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานในอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์ และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับ ปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร การเปลี่ยนแปลง ของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี

ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับ ธรรมชาติและการค้นพบทางฟิสิกส์ แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับ โลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทาง ธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อน ของโลก การเปลี่ยนแปลงลักษณะลม ฟ้า อากาศ กับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และ ดาราศาสตร์กับมนุษย์

สำหรับวิทยาศาสตร์เพิ่มเติม สาระเคมี มีสาระการเรียนรู้จำนวน 3 ข้อ ดังนี้

ข้อ 1. เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ข้อ 2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ข้อ 3. เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยน หน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้ และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

2. คุณภาพผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ได้กำหนดคุณภาพผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ ที่เรียนรู้ครบทุกผลการเรียนรู้ในสาระเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

2.1 เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์

2.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า

2.3 เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยวัด ด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับมวลอะตอม มวลโมเลกุล และมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่าย และสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

2.4 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

2.5 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสมมีหลักฐานเชิงประจักษ์ เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

2.6 วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวคิด ความรู้ จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

2.7 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือ และวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผลและยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

2.8 แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบเกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

2.9 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2.10 ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

2.11 แสดงความซาบซึ้งห่วงใยมีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่าเสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกันดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

3. การจัดการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สำหรับการจัดการเรียนรู้ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรายวิชาเคมีของผู้เรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ทั้งนี้ในการจัดการเรียนรู้ต้องจัดให้สอดคล้องกับสาระเคมี ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม โดยผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม มีรายละเอียด ดังนี้

สาระเคมี

ข้อ 2. เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตาราง 1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเคมี ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
1. ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา 2. คำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	ปฏิกิริยาเคมีแต่ละปฏิกิริยามีอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีต่างกัน โดยอาจวัดจากการลดลงของสารตั้งต้นหรือการเพิ่มขึ้นของผลิตภัณฑ์ต่อหนึ่งหน่วยเวลา และหารด้วยเลขสัมประสิทธิ์ของสารนั้น ๆ ในสมการเคมี เพื่อให้ได้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีที่เท่ากันไม่ว่าจะเป็นการวัดจากสารตั้งต้นหรือผลิตภัณฑ์
2. แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	3. เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ปฏิกิริยาเคมีจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่ออนุภาคของสารตั้งต้นชนกันในทิศทางที่เหมาะสม และมีพลังงานอย่างน้อยเท่ากับพลังงานก่อกัมมันต์ ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาจึงขึ้นกับทิศทางการชนและพลังงานที่เกิดจากการชน
3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	4. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารหนึ่ง ๆ ขึ้นอยู่กับความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่ง และตัวหน่วงปฏิกิริยา นอกจากนี้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมียังขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ทำปฏิกิริยาด้วย

ตาราง 1 (ต่อ)

เรื่อง	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้เพิ่มเติม
	5. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยา เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และ ตัวเร่งปฏิกิริยา	
4. ผลของปัจจัยที่มี ต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวันหรือ อุตสาหกรรม	6. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มี ผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สามารถนำมาใช้อธิบาย กระบวนการที่เกิดขึ้นใน ชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

ที่มา: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2560, หน้า 180

4. ผลการเรียนรู้ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เมื่อศึกษาผลการเรียนรู้และวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ จำนวน 4 ด้าน ประกอบด้วย ด้านพุทธิพิสัย (ด้านความรู้) ด้านทักษะพิสัย (ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) ด้านเจตคติ (ด้านจิตวิทยาศาสตร์) และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งเป็นเป้าหมายปลายทางของผลการเรียนรู้ที่คาดหวังให้ผู้เรียนได้แสดงออกมาหลังจากเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560, หน้า 139 - 144) ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

ตาราง 2 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่องที่ 1 ความหมายและการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน			
		ด้านความรู้	ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ด้านจิตวิทยาศาสตร์
1. ทดลอง และเขียนกราฟการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารที่ทำการวัดในปฏิกิริยา	1. บอกความหมายและคำนวณอัตราเปลี่ยนแปลงปริมาณของสาร 2. ทำการทดลอง เขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารกับเวลา และแปลความหมายจากกราฟ	1. การเปลี่ยนแปลงของสารเมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การสังเกต 2. การวัด 3. การใช้จำนวน 4. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 5. การทดลอง 6. การตั้งสมมติฐาน 7. การกำหนดและควบคุมตัวแปร 8. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	1. การคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารและการร่วมมือ	1. การใช้วิจารณ์ญาณ 2. ความรอบคอบ 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 4. วัตถุประสงค์ 5. ความใจกว้าง 6. ความอยากรู้อยากเห็น 7. ความมุ่งมั่นอดทน

ตาราง 2 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน			
		ด้านความรู้	ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ด้านจิตวิทยาศาสตร์
			9.การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป		
2. คำนวณ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และเขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	1. บอกความหมายและ คำนวณ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2. เขียนกราฟการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของสารที่ไม่ได้วัดในปฏิกิริยา	1.การคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเขียนกราฟอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสาร	1. การใช้จำนวน 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การคิดอย่างมี วิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหา	1. ความอยากรู้อยากเห็น 2. ความรอบคอบ 3. การใช้วิจารณ์ญาณ

ตาราง 3 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่องที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน			
		ด้านความรู้	ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ด้านจิตวิทยาศาสตร์
3. เขียนแผนภาพและอธิบายทิศทางการชนกันของอนุภาคและพลังงานที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. อธิบายแนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ทฤษฎีการชนและทฤษฎีสถานะแทรนซิชัน	1. แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2. ทฤษฎีการชน 3. พลังงานก่อกัมมันต์	1. การสังเกต 2. การลงความเห็นจากข้อมูล 3. การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	1. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 2. การสื่อสารและการร่วมมือ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 4. การยอมรับความเห็นต่าง

ตาราง 4 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่องที่ 3 ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน			
		ด้านความรู้	ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ด้านจิตวิทยาศาสตร์
4. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. ทำการทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้นของสาร พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การสังเกต 2. การวัด 3. การลงความเห็นจากข้อมูล 4. การใช้จำนวน 5. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล 6. การตั้งสมมติฐาน 7. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 8. การกำหนดและควบคุมตัวแปร	1. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม 2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา 3. การสื่อสารและการร่วมมือ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ 3. ความเชื่อมั่นต่อหลักฐาน 4. ความซื่อสัตย์ 5. วัตถุวิสัย 6. การยอมรับความเห็นต่าง 7. ความใจกว้าง 8. ความอยากรู้อยากเห็น 9. ความมุ่งมั่นอดทน

ตาราง 4 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการณ์เรียนรู้ของผู้เรียน			
		ด้านความรู้	ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ด้านจิตวิทยาศาสตร์
			9. การทดลอง 10. การตีความ หมายข้อมูลและลง ข้อสรุป		
5. เปรียบเทียบอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเมื่อมี การเปลี่ยนแปลงความ เข้มข้น พื้นที่ผิวของสาร ตั้งต้น อุณหภูมิ และ ตัวเร่งปฏิกิริยา	1. เปรียบเทียบอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อมีการ เปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักที่มี ผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	1. การสังเกต 2. การวัด 3. การลงความเห็น จากข้อมูล 4. การใช้จำนวน 5. การจัดทำ และสื่อความหมาย ข้อมูล	1. การสร้างสรรค์และ นวัตกรรม 2. การคิดอย่างมี วิจารณญาณและการ แก้ปัญหา 3. การสื่อสารและการ ร่วมมือ	1. การใช้วิจารณญาณ 2. ความรอบคอบ 3. ความเชื่อมั่นต่อ หลักฐาน 4. วัตถุประสงค์ 5. ความมุ่งมั่นอดทน

ตาราง 4 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน			
		ด้านความรู้	ด้านทักษะ กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	ด้านทักษะการ เรียนรู้และนวัตกรรม	ด้านจิตวิทยาศาสตร์
			6. การตีความ หมายข้อมูลและลง ข้อสรุป		
			7. การสร้าง แบบจำลอง		
			8. การกำหนดและ ควบคุมตัวแปร		
			9. การตั้งสมมติฐาน		

ตาราง 5 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ เรื่องที่ 4 ผลของปัจจัยที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม

ผลการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียน			
		ด้านความรู้	ด้านทักษะ กระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์	ด้านทักษะการ เรียนรู้และนวัตกรรม	ด้านจิตวิทยาศาสตร์
6. ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	1. สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ผลของปัจจัยที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	1. การลงความเห็นจากข้อมูล 2. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	1. การสื่อสารและการร่วมมือ	1. ความซื่อสัตย์ 2. ความอยากรู้อยากเห็น 3. ความมุ่งมั่นอดทน

จากผลการเรียนรู้ทั้ง 6 ข้อข้างต้นในตาราง 2 – 5 พบว่าทุกข้อมีพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) และด้านเจตคติ (Affective Domain) โดยในแต่ละด้านจะมีพฤติกรรมบ่งชี้ที่แตกต่างกันไปตามบริบทของเนื้อหาในผลการเรียนรู้นั้น และเมื่อพิจารณาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในผลการเรียนรู้ในแต่ละข้อ สรุปได้ดังตาราง 6

ตาราง 6 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในผลการเรียนรู้ สาระเคมี ข้อ 2
ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ผลการเรียนรู้					
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6
การสังเกต	✓	-	-	✓	✓	-
การวัด	✓	-	✓	✓	✓	-
การลงความเห็นจากข้อมูล	-	-	✓	✓	✓	✓
การจำแนกประเภท	-	-	-	-	-	-
การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา	-	-	-	-	-	-
การใช้จำนวน	✓	✓	-	✓	✓	-
การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล	✓	✓	-	✓	✓	✓
การพยากรณ์	-	-	-	-	-	-
การตั้งสมมติฐาน	✓	-	-	✓	✓	-
การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ	✓	-	-	✓	-	-
การกำหนดและควบคุมตัวแปร	✓	-	-	✓	✓	-
การทดลอง	✓	-	-	✓	-	-
การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป	✓	✓	✓	✓	✓	-
การสร้างแบบจำลอง	-	-	-	-	✓	-

จากการศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในผลการเรียนรู้ ในแต่ละข้อ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้ทราบว่า ทักษะทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญและเกิดขึ้นกับผู้เรียนมี 11 ทักษะการสังเกต การวัด การลงความเห็นจากข้อมูล การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ของสเปซกับเวลา การใช้จำนวน การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การพยากรณ์การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป การสร้างแบบจำลอง และเมื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในผลการเรียนรู้ สาระเคมี ข้อ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้ผลการศึกษาดังตาราง 7

ตาราง 7 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในผลการเรียนรู้ สาระเคมี ข้อ 2 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ผลการเรียนรู้					
	ข้อ 1	ข้อ 2	ข้อ 3	ข้อ 4	ข้อ 5	ข้อ 6
การสร้างสรรค์และนวัตกรรม	-	-	-	✓	✓	-
การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา	✓	✓	✓	✓	✓	-
การสื่อสารและการร่วมมือ	✓	-	✓	✓	✓	✓

จากตาราง 7 การศึกษาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในผลการเรียนรู้ เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทำให้ทราบว่า ในทุกผลการเรียนรู้ล้วนแต่มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมแฝงอยู่แต่อาจจะมิได้อยู่ในทักษะที่แตกต่างกันตามเนื้อหาในผลการเรียนรู้นั้น ๆ

สรุป จากผลการเรียนรู้เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า ทักษะสำคัญที่ผู้สอนจำเป็นต้องพัฒนาให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อมีการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม เนื่องจากการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 นั้น มีความคาดหวังให้พลเมืองในศตวรรษนี้เป็นผู้มีความรอบรู้ เป็นนักคิดและนักแก้ปัญหา สามารถนำความรู้มาใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม และทันต่อเวลาที่ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ผู้สอนจึงจำเป็นต้องออกแบบและวางแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ทั้งด้านองค์ความรู้หรือแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้านทักษะการคิดระดับสูง ด้านทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 ตลอดจนด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเป็นนักเรียนรู้นักคิด เชื่อมมันยึดถือและศรัทธาในการใช้ความรู้วิทยาศาสตร์ในทางที่สร้างสรรค์ สามารถนำความรู้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง และผู้อื่นอย่างมีคุณธรรม เป็นกำลังสำคัญในการพัฒนาประเทศไทย ตลอดจนเป็นพลเมืองของโลกที่ดำรงชีวิตในสังคมแห่งศตวรรษที่ 21 อย่างมีคุณค่า ซึ่งสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยจะเน้นการส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

ตอนที่ 3 การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ความหมายของสะเต็มศึกษา

การพัฒนาประเทศเพื่อให้อยู่ได้ในยุคศตวรรษที่ 21 กำลังเป็นประเด็นที่ท้าทายสำหรับผู้นำประเทศทั่วโลกสิ่งสำคัญที่นานาประเทศต่างมุ่งหวัง คือ การพัฒนาให้เยาวชนในประเทศมีความรู้ความสามารถทางเทคโนโลยีควบคู่ไปกับการมีความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างไรก็ตาม การมีความรู้และทักษะในวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีอาจยังไม่เพียงพอสำหรับประเทศที่กำลังขาดแคลนแรงงานคุณภาพดี หรือแรงงานที่สามารถนำความรู้ทั้งหลาย มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องใช้ต่าง ๆ สำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบันและอนาคต ทั้งนี้ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นประเทศหนึ่งที่กำลังประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงานคุณภาพ เยาวชนไม่สนใจการเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี รวมทั้งเมื่อสำเร็จการศึกษา ผู้เรียน ไม่สามารถนำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการประกอบอาชีพ โดยเฉพาะอาชีพวิศวกร ซึ่งกำลังเป็นอาชีพที่ขาดแคลนมากในประเทศสหรัฐอเมริกา (Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian, 2013 อ้างถึงใน สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 201 - 207) ดังนั้น รัฐบาลจึงได้ดำเนินการปฏิรูปการศึกษาวิทยาศาสตร์ โดยตั้งเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ว่า ต้องพัฒนาให้ ผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กับความรู้และทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยแห่งชาติ หรือ National Research Council (NRC) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนาหลักสูตรการศึกษาวิทยาศาสตร์แห่งชาติ ที่นับได้ว่าเป็นชาติแรกที่ผนวกศาสตร์ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ไว้ด้วยกัน และเน้นการสร้างแรงจูงใจให้เยาวชนของชาติ หันมาสนใจในอาชีพที่ขาดแคลน หลักสูตรจึงมีการแทรกเนื้อหา/แนวคิด (concepts) ด้านวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี ลงสู่หลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาอย่างเป็นรูปธรรม กลายเป็นที่มาของสะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการศาสตร์ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าไว้ด้วยกัน (National Research Council (NRC), 2012 ; สิริินภา กิจเกื้อกูล, 2558, หน้า 205)

จากความเป็นมาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาข้างต้น มีนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ได้ระบุถึงเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

Vasquez, Comer and Sneider (2013) ระบุว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในโลกที่มีความเจริญทางด้านเทคโนโลยีสูงและเป็นผู้รู้สะเต็ม (STEM literacy)

Capraro et al. (2013, p.34) ได้กล่าวถึง เป้าหมายของการพัฒนานักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1) มุ่งพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการร่วมมือรวมพลัง

2) มุ่งส่งเสริมนักเรียนให้สร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง รวมทั้งการส่งเสริมความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน

Honey, Pearson and Schweingruber (2014) ได้เสนอเป้าหมายหลักของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1) มีความตระหนักถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ สามารถอธิบายความสำคัญขององค์ความรู้ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันได้

2) มีความคุ้นชินต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กล่าวคือ สามารถเชื่อมโยงของแนวคิดสะเต็มศึกษากับปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3) มีการประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันรวมทั้งการทำงานในอาชีพต่าง ๆ กล่าวคือสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในการแก้ปัญหา และประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสม โดยตระหนักถึงความสำคัญของความรู้ และทักษะการประกอบอาชีพด้วย

พีรเดช จันทร (2560) ได้ระบุว่า เป้าหมายของสะเต็มศึกษานั้น นักเรียนจะมีคุณลักษณะที่ต้องการ/ให้เกิด/มีภายหลังผ่าน “กิจกรรมสะเต็ม” ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวจะช่วยพัฒนานักเรียนในเรื่องต่าง ๆ ดังนี้

1) ช่วยให้เห็นความสำคัญของคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริง พัฒนากระบวนการและสร้างผลผลิตใหม่ได้

2) ช่วยให้มีการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ กับสถานการณ์ในชีวิตจริงนอกห้องเรียนได้

3) ช่วยให้เห็นปัญหา หรือ อุปสรรค หรือ แนวทางพัฒนา จากสถานการณ์ในชีวิตจริง ที่สามารถนำมากำหนดเป็นเป้าหมายในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาได้

4) ช่วยให้เกิดทักษะในการวิเคราะห์ปัญหา

5) ช่วยให้เกิดทักษะในการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

6) ช่วยให้นักเรียนผสมผสานทักษะการแก้ปัญหา กับกระบวนการทางวิศวกรรม ในการแก้ปัญหาหรือการพัฒนา

7) ช่วยให้มีทักษะในการออกแบบหรือกำหนดแนวคิดในการแก้ปัญหาหรือการพัฒนา

8) ช่วยให้มีทักษะในกระบวนการหรือขั้นตอนการวางแผน การปฏิบัติ การประเมินผลงานระหว่างปฏิบัติ และการทดสอบผลงาน

วชิร ศรีคุ้ม (2558) ได้กล่าวถึงเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษา และสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มี 4 ประการ คือ

1) ต้องการยกระดับคุณภาพทางการศึกษา กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถยกระดับคุณภาพของนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้

2) การเพิ่มกำลังคนทางด้านสะเต็ม กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่เข้มแข็งทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จะนำไปสู่การเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพ

3) การเสริมศักยภาพในการแข่งขันระหว่างประเทศ กล่าวคือ เมื่อกำลังคนทางด้านสะเต็มมีคุณภาพ จะนำไปสู่การยกระดับการแข่งขันของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาประเทศได้

4) การพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ การที่นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นนี้ ทำให้นักเรียนเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพสามารถคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์สื่อสาร และทำงานเป็นทีมได้

สรุป สะเต็มศึกษามีเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนให้มีการเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง รวมทั้งการส่งเสริมความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถนำทักษะที่ได้รับไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันรวมทั้งการทำงานในอาชีพต่าง ๆ

สะเต็ม (STEM) เป็นคำทับศัพท์ ซึ่งเป็นชื่อย่อของศาสตร์หรือสาขาวิชาการทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เมื่อพิจารณาความหมายของแต่ละศาสตร์จะมีคำอธิบายและลักษณะดังนี้ (สุทธิดา จำรัส, 2560, หน้า 16 -19)

1) S ย่อมาจากคำว่า Science หรือ วิทยาศาสตร์ เป็นการศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของโลกทั้งที่เกิดจากมนุษย์และเกิดขึ้นเป็นปรากฏการณ์ตามธรรมชาติ การได้มาซึ่งความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาศัยกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์

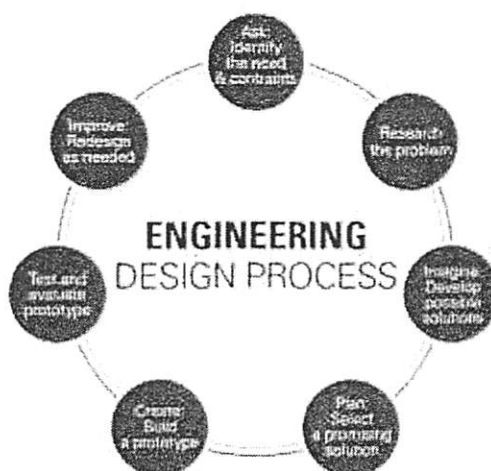
โดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ คือ วิทยาศาสตร์กายภาพ วิทยาศาสตร์ชีวภาพ และวิทยาศาสตร์โลก และอวกาศ

การจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ซึ่งควรให้สอดคล้องกับ 5 ลักษณะสำคัญ ได้แก่ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในประเด็นคำถามทางวิทยาศาสตร์ มีการให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐาน รู้จักสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ตามข้อมูล รวมถึงเชื่อมโยงคำอธิบายของตนกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์หรือคำอธิบายอื่น ๆ และนอกจากนี้ผู้เรียนจะต้องสามารถสื่อสารและให้เหตุผลได้ ฉะนั้นแล้วผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีบทบาทในการลงมือปฏิบัติมากเพื่อพัฒนาการทางการเรียนรู้ของผู้เรียนได้เพิ่มมากขึ้น

2) T ย่อมาจาก Technology หรือ เทคโนโลยี หมายถึง ทุกสิ่งทุกอย่างที่มนุษย์สร้างขึ้นจากพื้นฐานความเป็นธรรมชาติของสิ่งต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ให้มีความสะดวกสบายหรือปลอดภัยมากขึ้น โดยเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพมักจะต้องผ่านกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยี ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

3) E ย่อมาจากคำว่า Engineering หรือ วิศวกรรมศาสตร์ เป็นการประยุกต์ความรู้ ทักษะกระบวนการและความเชี่ยวชาญในเชิงวิทยาศาสตร์ เศรษฐกิจ สังคมและการนำความรู้ไปสู่การปฏิบัติจริง วิศวกรรมศาสตร์ในสะเต็มจึงหมายถึงศาสตร์ด้านกระบวนการมากกว่าจะเป็นศาสตร์อย่างวิทยาศาสตร์ หรือคณิตศาสตร์ โดยเน้นการออกแบบ การวางแผนเพื่อแก้ปัญหา การใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ มาสร้างสรรค์ออกแบบผลงานภายใต้ข้อจำกัดหรือเงื่อนไขที่กำหนด ซึ่งเป็นกระบวนการออกแบบหรือสร้างบางสิ่งขึ้นมาโดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้วิศวกรรมศาสตร์ยังเป็นแนวคิดที่พัฒนาและประยุกต์มาจากการรวมกันของศาสตร์ที่สำคัญ เช่น วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ เพื่อนำมาสู่การออกแบบ การแก้ปัญหา การสร้าง การจำลอง จนพัฒนาเป็นเครื่องมือ วิธีคิด ระบบ รวมทั้งสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ

สำหรับการศึกษาระดับขั้นพื้นฐาน วิศวกรรมศาสตร์ ถือว่าเป็นการเตรียมเยาวชนให้ฝึกคิดอย่างนักวิศวกร ซึ่งเน้นกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบและสร้างสรรค์ การศึกษาในประเทศไทยจะเน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งเป้าหมายของการเรียนรู้ คือ การเรียนรู้เกี่ยวกับการออกแบบหรือแก้ปัญหา และเรียนรู้ว่าจะออกแบบหรือแก้ปัญหายังไง



ภาพ 6 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

4) M ย่อมาจาก คำว่า Mathematics หรือ คณิตศาสตร์ เป็นวิชาสำคัญอย่างยิ่ง วิชาหนึ่งที่มีบทบาทสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ทำให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีเหตุผล เป็นระบบ มีระเบียบและมีแบบแผน สามารถวิเคราะห์ปัญหาและสถานการณ์ ได้อย่างถี่ถ้วนรอบคอบ ทำให้สามารถคาดการณ์ วางแผน ตัดสินใจ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสม

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวทางการจัดการศึกษาที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้ง การพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพ ผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering design process)

ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
การจัดการเรียนรู้ของครูตามแนวทางสะเต็มศึกษา สอดคล้องกับทฤษฎีต่าง ๆ ดังนี้

1. ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม (Social constructivist theory of learning)

ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคมเป็นทฤษฎีที่ให้มุมมองว่า กระบวนการทางสังคม สามารถทำให้การเรียนรู้เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น (การเปลี่ยนแปลงความรู้เดิม)

หากนักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น โดยเฉพาะผู้ที่มีความรู้ ทักษะ และประสบการณ์มากกว่าตนเองโดยมีภาษาเป็นสื่อกลางระหว่างนักเรียนกับผู้อื่น ไม่ว่าจะเป็นการให้คำแนะนำ การสาธิต การเป็นแบบอย่าง การอภิปราย และการให้ข้อมูลย้อนกลับ ดังนั้น ในระหว่างที่นักเรียนทำการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนควรมีโอกาสได้แลกเปลี่ยนความคิดให้เหตุผล ชี้แจง หรือแม้กระทั่งโต้แย้ง เพื่อสร้างข้อสรุปที่น่าเชื่อถือร่วมกับผู้อื่น (ลีอชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2561, หน้า 248)

2. ทฤษฎีการเรียนรู้ในสถานการณ์ (Situating theory of learning)

ทฤษฎีการเรียนรู้ในสถานการณ์ที่อธิบายได้ว่าการเรียนรู้ที่เหมาะสมนั้นควรสะท้อนบริบทของสภาพจริง (Authentic situation) ซึ่งจะนำไปสู่การเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ฉะนั้นการเรียนรู้จึงไม่ใช่แค่การปรับเปลี่ยนความรู้เดิมให้สอดคล้องกับความรู้ที่ยอมรับในสังคมเท่านั้น แต่ผู้เรียนต้องเรียนรู้วิธีการจัดการกับสถานการณ์จริงในบริบททางสังคมที่มีความซับซ้อน โดยอาจอาศัยคำแนะนำของผู้บริบททางสังคมนั้นด้วย (ลีอชา ลดาชาติ และลฎาภา ลดาชาติ, 2561, หน้า 248)

3. ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง (Constructivist theory of learning)

ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองหรือทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist Theory) เป็นทฤษฎีที่ว่าด้วยการสร้างความรู้ของผู้เรียน ที่มีความเชื่อว่า “การเรียนรู้” เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในของผู้เรียนโดยที่ผู้เรียนเป็นผู้สร้างโดยนำประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับมาเชื่อมโยงกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิมมาสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง หรือโครงสร้างทางปัญญา (Cognitive structure) หรือความรู้ ซึ่งถือเป็นปรัชญาปฏิบัตินิยม (ทิสนา แชมมณี, 2556, หน้า 96 - 98)

ดังนั้น เป้าหมายของการจัดการเรียนการสอนจะสนับสนุนการสร้างความรู้มากกว่าความพยายามในการถ่ายทอดความรู้ให้แก่ผู้เรียน โดยเกิดจากการนำทฤษฎีของเพียเจต์ และทฤษฎีเกี่ยวกับด้านพัฒนาการมาสร้างเป็นทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองซึ่งทฤษฎีนี้อยู่บนพื้นฐานความเชื่อที่ว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างผลผลิตที่มีความหมายกับตนเอง ร่วมกับการได้รับประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมจากภายนอกด้วย กล่าวคือ ผู้เรียนจะเก็บเกี่ยวประสบการณ์และบันทึกความรู้จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปเก็บไว้ในโครงสร้างความรู้ภายในสมองของตนเอง โดยสามารถนำเอาความรู้ดังกล่าวออกมาใช้ภายนอกได้ซึ่งจะเกิดขึ้นในลักษณะเป็นวงจรต่อกันไป ฉะนั้นการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง ผู้เรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ความรู้เดิมในโครงสร้างความรู้ในสมอง

ของตนเองกับองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม ประสบการณ์ และบรรยากาศแวดล้อมจะเอื้อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ดีขึ้น (อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559, หน้า 22)

จากกระบวนการเรียนรู้ที่กล่าวไปในข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ ประกอบด้วย กระบวนการสำคัญ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การที่ผู้เรียนนำเอาความรู้เข้าสู่โครงสร้างความรู้ภายในสมองของตนเองแล้ว จะต้องเกิดการแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับ เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง หากเพียงแค่วิธีข้อมูลเข้ามาในสมองเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการแปลความหมาย กระบวนการดังกล่าวจะไม่จัดเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2) กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง

การที่ผู้เรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเก็บเกี่ยวองค์ความรู้จากสิ่งแวดล้อม หรือเหตุการณ์ใด ๆ ก็ตาม จากนั้นผู้เรียนได้มีโอกาสแปลความหมายของสิ่งที่ตนได้รับ จากประสบการณ์นั้น หรือการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้สร้างผลงานขึ้นมาด้วยความชอบหรือความถนัดของตนเองกระบวนการดังกล่าว จะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างด้วยตนเองได้ดีขึ้น และการที่ผู้เรียนได้มีโอกาสเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ด้วยความสนใจและความต้องการของตัวผู้เรียนเอง จะส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

สรุป การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์เชิงสังคม ทฤษฎีการเรียนรู้ในสถานการณ์ และทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ตรงในการเก็บเกี่ยวองค์ความรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง จากบริบทของสภาพจริงแล้วนำความรู้ที่ได้รับไปใช้สร้างผลงานขึ้นมาด้วยความชอบหรือความถนัดของตนเองได้จะส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้น ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างด้วยตนเองได้ดีขึ้น และสามารถนำความรู้นั้นไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้มุ่งเน้นการสร้างผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ นักเรียนจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหา ดังนั้นการจัดการเรียนรู้

ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจึงจำเป็นต้องเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดย Vasquez, Comer และ Sneider (2013) แบ่งไว้ 4 ระดับ ดังภาพ 7

		การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา	
		การบูรณาการแบบสหวิทยาการ	ผู้สอน ทั้ง 4 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษาร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะต่าง ๆ ของทั้ง 4 สาขาวิชาได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี คณิตศาสตร์ และ วิศวกรรมศาสตร์ สำหรับการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง เช่น การจัดการเรียนรู้แบบโครงการ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน
การบูรณาการภายในวิชา	การบูรณาการแบบสหวิทยาการ	ผู้สอนจับคู่หรือตั้งทีมงานช่วยกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกันเป็นการรวมกันมากกว่า 1 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	
ผู้สอน จัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหา และทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็น	ผู้สอน จัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็น		
<ul style="list-style-type: none"> • วิชาวิทยาศาสตร์ • วิชาเทคโนโลยี • วิชาวิศวกรรมศาสตร์ • วิชาคณิตศาสตร์ 	<ul style="list-style-type: none"> • วิชาวิทยาศาสตร์ • วิชาเทคโนโลยี • วิชาวิศวกรรมศาสตร์ • วิชาคณิตศาสตร์ <p>แต่ได้มีการกำหนดหัวข้อหลักหรือหัวข้อเรื่องที่จะจัดการเรียนรู้เหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียน มองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างกันได้</p>		

ภาพ 7 ระดับของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแนวทางตามสะเต็มศึกษามาใช้โดยบูรณาการในลักษณะของการบูรณาการภายในวิชา ซึ่งจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านเนื้อหา และทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชา ประกอบด้วยวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการดำเนินการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ และสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหา

Vasquez และคณะ ได้เสนอหลักการการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ 5 ข้อ (Vasquez, Comer and Sneider, 2013, pp. 18 -19 อ้างถึงใน อาทิตย์ ฉิมกุล, 2559, หน้า 24) ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ต้องมุ่งการบูรณาการวิชาต่าง ๆ ที่สามารถช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ที่มีความเชื่อมโยงกัน รวมทั้งช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรือสถานการณ์ปัญหาที่เผชิญอยู่ได้อย่างสร้างสรรค์

2. การจัดการเรียนรู้ต้องแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ ความสำคัญของความรู้ และการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ตนมี รวมทั้งการมองว่าสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง มีความสัมพันธ์กับความรู้หรือทักษะที่ตนมีอย่างไร ตลอดจนการทราบว่าตนเองต้องพัฒนาทักษะด้านใดเพื่อให้มีอาชีพที่สามารถทำงานได้ในโลกแห่งความเป็นจริง

3. ให้มีความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ ในโลกปัจจุบันและอนาคตการทำงานอาจไม่สำคัญว่าต้องให้ความรู้มากเท่าใด แต่สำคัญตรงที่ว่าบุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่เมื่อต้องการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้แก้ปัญหา รวมทั้งการมีความสามารถในการสื่อสารความคิด การทำงานเป็นทีม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้เกิดความท้าทายนักเรียน การวางแผนในการกำหนดภาระงานควรมีความท้าทาย ไม่ยากเกินไปจนนักเรียนล้มเลิก และไม่ง่ายเกินไปจนเกิดความเบื่อหน่าย ซึ่งภาระงานนี้ต้องแสดงให้เห็นถึงการใช้ทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยนักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในแต่ละภาระงาน

5. ผลผสมผสานวิธีการจัดการเรียนรู้ให้มีความหลากหลาย โดยผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษานั้น เน้นให้นำจะเสนอความรู้ได้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย ส่งเสริมให้มีการแบ่งปันความรู้และถ่ายทอดทักษะที่ตนเชี่ยวชาญให้เพื่อนและออกแบบกิจกรรมให้เกิดความสนุกสนานที่จะเรียนรู้ อาจใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ 2 แนวทางประกอบกัน คือ

1) แบบใช้ปัญหาเป็นฐานโดยนักเรียนได้รับปัญหาที่ต้องหาทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์

2) แบบใช้โครงงานเป็นฐาน โดยนักเรียนต้องกำหนดการเรียนรู้และสืบค้นด้วยตนเอง

และต้องสามารถประเมินโครงงานของตนเองด้วย

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอหลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดมี ดังนี้

1. จัดการเรียนรู้การสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด
2. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่าง ๆ ให้หลากหลาย เพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน
3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจริงในชีวิตและสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้
4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา
5. ปลูกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรมที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้

สรุป การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาควรคำนึงถึงสิ่งสำคัญต่อไปนี้

1. การบูรณาการรายวิชาที่เป็นวิชาหลักมีความสอดคล้องกับสิ่งที่เป็นจริง ที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ที่ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างสร้างสรรค์
2. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องมีความท้าทาย หลากหลาย และเหมาะสมกับวัย นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ต้องมุ่งเน้นการส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 แก่ผู้เรียน ทั้ง 3 กลุ่มทักษะ คือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (learning and innovation skills) ทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (information, media and technology skills) และทักษะชีวิตและการทำงาน (life and career skills)
3. มีการส่งเสริมคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน รวมทั้งการปลูกฝังจิตสำนึก คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่ถูกต้องเพื่อให้ผู้เรียนสามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีความสุข

รูปแบบกิจกรรมและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาเป็นการผนวกแนวความคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนจะมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการ

เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012)

สำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 ผู้วิจัยใช้การบูรณาการลักษณะการบูรณาภายในวิชาและจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม ศึกษาที่ผนวกแนวความคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยีประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) ดังนี้

1. ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือ ความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา

2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ แนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด

3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิด ที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัด และเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นการกำหนด ลำดับขั้นตอนของการสร้างชิ้นงานหรือวิธีการ แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ ในการแก้ปัญหา

5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นการทดสอบและประเมินการใช้งานของชิ้นงานหรือ วิธีการ โดยผลที่ได้อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา ได้อย่างเหมาะสมที่สุด

6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นการ นำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการสร้างชิ้นงานหรือการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจ และได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป

ตอนที่ 4 การประเมินภาคปฏิบัติ (Performance Assessment)

การวัดและการประเมินผลการเรียนรู้ เป็นสิ่งที่ควบคู่กันกับการจัดการเรียนการสอน ในชั้นเรียน เป็นกระบวนการที่จะได้ข้อมูลสารสนเทศที่แสดงถึงพัฒนาการความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน รวมทั้งได้ข้อมูลที่จะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนา และเรียนรู้ตามศักยภาพ การประเมินผลเป็นกลไกหนึ่งในการประกันคุณภาพการศึกษาทั้งภายใน และภายนอก

พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 ได้ระบุถึงวิธีการประเมินผล การเรียนรู้ไว้ว่าให้สถานศึกษาจัดการประเมินผลผู้เรียน โดยพิจารณาจากพัฒนาการของผู้เรียน ความประพฤติ การสังเกตพฤติกรรมการเรียน การร่วมกิจกรรมและการทดสอบควบคู่ไป ในกระบวนการเรียนการสอนตามความเหมาะสมของแต่ละระดับและรูปแบบการศึกษา (พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542, 19 สิงหาคม 2542, หน้า 9)

จากพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติดังกล่าวทำให้เห็นแนวทางการวัดผลและ ประเมินผลตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

1. การวัดผลและประเมินผลเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้จะต้องดำเนินการ ควบคู่กันไปอย่างสอดคล้องและต่อเนื่อง
2. การจัดการเรียนรู้มุ่งพัฒนาผู้เรียนทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการและ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ การประเมินพัฒนาการของผู้เรียนจึงต้องประเมินให้ครอบคลุมทุกด้าน
3. เพื่อให้การประเมินครอบคลุมทุกด้านและได้ข้อมูลเพียงพอที่จะประเมินพัฒนาการ ความก้าวหน้าและความสำเร็จของผู้เรียน จะต้องใช้กระบวนการและวิธีการประเมินผลหลากหลายวิธี และต่อเนื่อง ทั้งการสังเกตพฤติกรรมการเรียนและการเข้าร่วมกิจกรรม

การวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษานั้น เน้นการวัดและประเมินผล ในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้ จากการวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อตัวผู้เรียนและตัวผู้สอนที่จะได้รับทราบพัฒนาการ ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็จของผู้เรียนว่าอยู่ในระดับใด มีจุดเด่นใดที่ควร ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควรจะได้รับ การแก้ไข รวมทั้งผู้สอน จะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็นประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจาก

การวัดและประเมินผลส่งเสริมและพัฒนาผู้เรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความถนัด และ ความสนใจของแต่ละบุคคล

การประเมินภาคปฏิบัติ (Performance Assessment)

การวัดและประเมินการปฏิบัติสามารถวัดและประเมินผู้เรียนได้ตรงสภาพความเป็นจริง (Authentic Assessment) ถ้าผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้แสดงว่ามีความรู้ความสามารถหรือ มีการเรียนรู้เรื่องนั้นแล้ว โดยปกติแล้วการประเมินการปฏิบัติจะเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาในงาน ที่ต้องทำ (problem solving) ซึ่งจุดมุ่งหมายสุดท้าย คือ ได้เป็นผลงานออกมาหรือนำงานที่ได้รับ มอบหมายไปปฏิบัติให้เกิดผล หรืออาจต้องทำทั้งสองอย่าง การวัดทักษะการแก้ปัญหา อาจกล่าวได้ว่าเป็นการวัดผลงาน (product) ส่วนการวัดการนำงานไปปฏิบัติเน้นที่ความถูกต้องใน การปฏิบัติ เป็นการวัดกระบวนการปฏิบัติงาน (process) โดยขณะที่ผู้ถูกทดสอบกำลังแก้ปัญหา หรือกำลังปฏิบัติงาน ครูจะสังเกตพฤติกรรมการทำงานแล้วประเมินผลการปฏิบัติงาน

1. ความหมายของการประเมินภาคปฏิบัติ

การประเมินภาคปฏิบัติเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากเป็นรูปแบบ ที่เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการประเมินความคิดระดับสูง และใช้ในการตรวจสอบความรู้ ความคิด รวบรวม และทักษะจำเป็นของผู้เรียนที่จะใช้ทำงานให้ประสบความสำเร็จในศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี สำหรับความหมายของการประเมินภาคปฏิบัติมีผู้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

Marshall (1971) ให้ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติ หมายถึง การวัดที่เกี่ยวกับการ เคลื่อนไหว หรือการตอบสนองที่เป็นการกระทำของผู้ถูกสอบ โดยปกติแล้ว การทดสอบ จะเกิดขึ้นได้ ต้องจัดการให้ผู้ถูกสอบอยู่ในสถานการณ์ที่เป็นจริงหรือคล้ายของจริงให้มากที่สุด แต่ไม่ใช่การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบเขียนตอบ (paper and pencil)

Standards for Educational and Psychological Testing (1999) ให้ความหมาย ของการประเมินผลงานภาคปฏิบัติ หมายถึง การวัดที่เน้นผลผลิต และพฤติกรรมที่เกิดจากการนำ ความรู้และทักษะไปใช้ในบริบทหรือสถานการณ์ที่เป็นชีวิตจริงและด้วยการใช้สถานการณ์ ที่เลียนแบบชีวิตจริง

Wiggins (2006) ให้ความหมายการประเมินภาคปฏิบัติว่า เป็นการปฏิบัติงาน ด้วยความรู้ในบริบทที่มีสภาพที่เป็นจริงเช่นเดียวกับการปฏิบัติของผู้ใหญ่

ไพศาล หวังพานิช (2526) ให้อธิบายว่า การวัดผลภาคปฏิบัติ คือ ความสามารถ ในการปฏิบัติ เป็นการวัดที่ให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมด้วยการกระทำ โดยถือว่าการปฏิบัติเป็น ความสามารถในการผสมผสานหลักการ วิธีการต่าง ๆ ที่ได้รับการฝึกฝนมาให้ปรากฏออกมาเป็น ทักษะของผู้เรียน

อุทุมพร จามรมาน (2529) ให้ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติว่า เป็นการมุ่งวัดทักษะ ซึ่งอาจใช้การเขียนตอบ การสัมภาษณ์ หรือการสังเกตกระบวนการปฏิบัติและผลงานที่ได้ โดยครอบคลุมตั้งแต่การพูดการทำงาน และการทดสอบในห้องปฏิบัติงาน

ส. วาสนา ประवालพฤษ (2535) ให้ความหมายของการประเมินผลการปฏิบัติในแง่ของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การให้ผู้สอบทำงานในกลุ่มตัวอย่างของงานที่จำเป็นในงานหนึ่ง โดยจะกำหนดลักษณะของงานหรือเครื่องมือหรือผลผลิตที่จะวัด ซึ่งจะวัดในรูปของทักษะในการดำเนินงานหรือการสร้างงาน

สุวิมล ว่องวานิช (2546) ให้ความหมายของการประเมินภาคปฏิบัติว่าเป็นการประเมินที่ใช้สถานการณ์ เพื่อทดสอบภาคปฏิบัติงานของบุคคล ซึ่งเป็นการวัดพฤติกรรมการปฏิบัติงานทีละคน หรือการทำงานกลุ่ม มีกระบวนการทำงานตามขั้นตอน โดยมีจุดมุ่งหมายสุดท้าย คือ ผลงาน โดยทำการประเมิน 2 ประการ คือ กระบวนการปฏิบัติงาน (Process) และการวัดคุณภาพของงานที่ได้จากการปฏิบัติ (Product)

เอกรินทร์ สีมหาศาล และสุปรารธนา ยุกตะนันท์ (2546) กล่าวว่า การประเมินการปฏิบัติ เป็นวิธีการประเมินที่ผู้สอนมอบหมายงานหรือกิจกรรมให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อรวบรวม และวิเคราะห์ข้อมูลว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด ในการประเมินการปฏิบัติผู้สอนต้องเตรียมสิ่งสำคัญ 2 ประการ คือ ภาระงานหรือกิจกรรมที่จะให้ผู้เรียนปฏิบัติ (Tasks) และเกณฑ์การให้คะแนน (Rubric)

สมภพ ปู่ไทย (2550) ให้ความหมายของการวัดภาคปฏิบัติว่า เป็นการทดสอบวัดความรู้ความสามารถในการปฏิบัติงานตามที่กำหนดอย่างมีขั้นตอนมีวิธีการและผลงานที่เกิดขึ้นสำเร็จอย่างมีประสิทธิภาพเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มย่อย ซึ่งผู้ประเมินสามารถประเมินได้ทั้งกระบวนการปฏิบัติ (Products) ตามเกณฑ์ที่สร้างขึ้น

อัญญา คูอารยะกุล (2554) ให้ความหมายของการประเมินภาคปฏิบัติว่า เป็นการพิจารณาความสามารถในด้านการปฏิบัติหรือทักษะของผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมด้วยการกระทำ

สมนึก ภัททิยธนี (2555) ให้ความหมายของการประเมินผลงานภาคปฏิบัติ หมายถึง การวัดผลงานที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติที่สามารถวัดได้ทั้งกระบวนการและสภาพตามธรรมชาติ หรือสภาพที่กำหนดขึ้น (สถานการณ์จำลอง)

สรุปได้ว่า การประเมินภาคปฏิบัติเป็นการวัดคุณภาพของผู้เรียนผ่านการประเมินคุณภาพของผลงานที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ และการประเมินกระบวนการปฏิบัติงานของผู้เรียน ทั้งในสภาพตามธรรมชาติ หรือสภาพที่กำหนดขึ้น

2. ความสำคัญของการประเมินภาคปฏิบัติ

2.1 การประเมินภาคปฏิบัติเป็นกระบวนการที่ให้ผู้เรียนปฏิบัติกิจกรรม ทำให้มองเห็นทักษะและความสามารถของผู้เรียน เนื่องจากมีร่องรอยหลักฐานที่ชัดเจนเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียน ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผู้เรียน

2.2 การประเมินภาคปฏิบัติสามารถใช้ได้กับกิจกรรมต่าง ๆ ในระดับห้องเรียน

2.3 การประเมินภาคปฏิบัติเน้นทักษะและการคิดระดับสูง

2.4 การประเมินภาคปฏิบัติมีการกระตุ้น จูงใจให้ผู้เรียนได้แสดงความรู้ความสามารถตามสภาพความเป็นจริง

3. องค์ประกอบของการประเมินภาคปฏิบัติ

นักการศึกษาได้แบ่งองค์ประกอบสำคัญของการประเมินภาคปฏิบัติเป็น 2 ส่วน คือ

3.1 ด้วงาน/กิจกรรม เป็นส่วนที่กำหนดให้ผู้เรียนได้ทำหรือปฏิบัติแสดงตามคำสั่งตามรายการ หรือความต้องการให้ทำตลอดจนเหตุการณ์ สถานการณ์ในชั้นเรียนปกติที่กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงออกตามปกติ

3.2 เกณฑ์การให้คะแนน เป็นส่วนที่ครูผู้สอนต้องนำมาใช้ประกอบการพิจารณาผลงานการปฏิบัติ หรือการแสดงผลของผู้เรียน แล้วประเมินค่าออกมาเป็นคะแนนตามกฎเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้น

4. ธรรมชาติของการประเมินภาคปฏิบัติ

การประเมินการปฏิบัติ เป็นการประเมินที่มีลักษณะแตกต่างจากการประเมินด้านคุณลักษณะ ด้านความรู้ และด้านจิตใจ ผู้ที่จะทำการประเมินต้องเข้าใจลักษณะและธรรมชาติของการประเมินการปฏิบัติต่อไปนี้จะลงมือประเมิน เพื่อจะได้ดำเนินการให้สอดคล้องกับธรรมชาติของการประเมินการปฏิบัติ

4.1 การประเมินการปฏิบัติสามารถกระทำได้ทั้งรายบุคคลและกลุ่ม จึงต้องพิจารณาให้ดีก่อนทำการประเมินว่างานที่กำหนดให้ปฏิบัติควรให้ทำเป็นรายคนหรือรายกลุ่ม งานบางอย่างเป็นงานที่ต้องทำคนเดียว จึงจะประเมินทักษะการปฏิบัติได้ชัดเจน เช่น การคัดลายมือ การวาดภาพ การตัดเย็บ การอ่านออกเสียง แต่งานบางอย่างไม่จำเป็นต้องทำคนเดียว โดยเฉพาะชั้นเรียนที่มีจำนวนนักเรียนมาก ผู้สอนไม่มีเวลาพอที่จะสังเกตการปฏิบัติเป็นรายคน อาจให้ทำเป็นกลุ่มแล้วสังเกตกระบวนการปฏิบัติควบคู่ไปกับความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม

4.2 วิธีการประเมินการปฏิบัติจะแตกต่างกันออกไปตามงานที่มอบหมายให้ทำงาน บางอย่างต้องให้ผู้เรียนผลิตผลงานออกมาให้ดู เช่น งานประดิษฐ์ งานวาดภาพ หรืองานแกะสลัก งานบางอย่างต้องให้ผู้เรียนแสดงกิริยาอาการออกมา เช่น งานด้านนาฏศิลป์ ต้องให้ผู้เรียนแสดงท่าทางการพ้อนรำให้ดู งานด้านพลศึกษา ต้องวัดโดยให้ผู้เรียนแสดงท่าทางการเล่นกีฬาแต่ละชนิด เป็นต้น

4.3 การประเมินการปฏิบัติบางภาระงานสามารถวัดกระบวนการและผลงาน แยกจากกันได้ เพราะเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติงานจะมีผลงานปรากฏออกมาเป็นชิ้นงานให้เห็น เช่น การวัดความสามารถในการตัดเย็บเสื้อผ้า การวัดความสามารถในการก่อสร้างงานไม้ หรือการวัดความสามารถในการประกอบอาหาร แต่การวัดการปฏิบัติบางภาระงานต้องวัดกระบวนการและผลงานไปพร้อม ๆ กัน เพราะเมื่อสิ้นสุดการปฏิบัติงานไม่มีผลงานปรากฏให้เห็น เช่น การวัดความสามารถด้านกีฬา นาฏศิลป์ ดนตรี การพูด การอ่านออกเสียง

5. ข้อควรคำนึงในการประเมินภาคปฏิบัติ

5.1 การประเมินภาคปฏิบัติจะเป็นการประเมินที่กระทำไปพร้อม ๆ กับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและการเรียนรู้

5.2 การประเมินภาคปฏิบัติต้องมีการกำหนดจุดประสงค์ของการวัดให้ชัดเจนว่าจะประเมินที่ผลงานหรือประเมินกระบวนการ หรือประเมินทั้งสองอย่าง

5.3 เนื้อหาสาระของงานที่ให้นักเรียนปฏิบัติต้องสอดคล้องกับสภาพจริง (Authentic)

5.4 การประเมินภาคปฏิบัติต้องมีการกำหนดเงื่อนไขหรือองค์ประกอบในการวัดที่ชัดเจน เช่น วิธีการทำงาน เกณฑ์การให้คะแนน ความสำเร็จของงานการประเมินภาคปฏิบัติได้รับความนิยมนมากขึ้น เนื่องจากผู้เกี่ยวข้องมองเห็นจุดอ่อนของการประเมินแบบดั้งเดิม (การทดสอบด้วยแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ) ที่นำไปสู่การสอนเพื่อสอบมากกว่า ขณะที่การประเมินภาคปฏิบัติมีความสอดคล้องกับการสอนมากกว่า ซึ่งเปรียบเทียบได้ ดังตาราง 8

ตาราง 8 เปรียบเทียบคุณลักษณะการประเมินแบบดั้งเดิมและการประเมินภาคปฏิบัติ

คุณลักษณะ	วิธีการแบบดั้งเดิม (แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ)	การประเมินภาคปฏิบัติ (Performance Assessment)
วิธีการประเมิน	การเลือกคำตอบ	การปฏิบัติงานจริง
ธรรมชาติ ของกิจกรรม	กิจกรรมที่สมมติขึ้น	กิจกรรมสอดคล้องกับชีวิตประจำวัน
ระดับการคิด	ความรู้ ความเข้าใจ	นำไปใช้ วิเคราะห์ สังเคราะห์
การแก้ปัญหา	ตามรูปแบบของครู	ตามรูปแบบของผู้เรียน
ความเป็นปรนัยของ การตรวจให้คะแนน	ตรวจให้คะแนนได้ง่าย	ตรวจให้คะแนนค่อนข้างยุ่งยาก
หลักฐานร่องรอย ที่แสดงการรอบรู้	ร่องรอยหลักฐานโดยอ้อม	ร่องรอยหลักฐานโดยตรง

6. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประเมินภาคปฏิบัติ

การประเมินภาคปฏิบัติเป็นการประเมินที่เป็นการประเมินที่เกิดจากพฤติกรรมของผู้เรียน โดยมีความเกี่ยวข้องกับแนวคิดและทฤษฎีทางพฤติกรรมด้านทักษะกระบวนการ (Psychomotor Domain) ซึ่งได้แก่ แนวคิดพฤติกรรมของซิมป์สัน แนวคิดพฤติกรรมด้านทักษะพิสัยของบลูม และแนวคิดเกี่ยวกับการประเมินภาคปฏิบัติของวิกกิน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

6.1 แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการปฏิบัติตามแนวคิดของซิมป์สัน (Simpson)

Simpson (1972) ได้จำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการปฏิบัติออกเป็นชั้นต่าง ๆ จากง่ายไปหาพฤติกรรมที่ซับซ้อนขึ้น ตามลำดับดังนี้

ขั้นที่ 1 การรับรู้ (Perception) คือ ความสามารถในการใช้ประสาทสัมผัสรับรู้ แบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1) การเร้าอวัยวะสัมผัส (Sensory stimulation) เช่น การได้ยิน การมองเห็น การลิ้มรส การดมกลิ่น การเคลื่อนไหวกล้ามเนื้อ ความไว เป็นต้น

2) การมองหาแนวทางปฏิบัติ (Cue Selection) เป็นการตัดสินใจเลือกพฤติกรรมตอบสนองให้เหมาะสมกับงานที่ทำ การกำหนดพฤติกรรมนั้นจะเกี่ยวข้องกับงานที่ทำหรือสถานการณ์ที่ได้รับเลือกไว้ พฤติกรรมที่ไม่เกี่ยวข้องจะไม่ได้รับการรับรู้และถูกละทิ้งไป

3) การแปลเป็นการปฏิบัติ (Translation) เป็นการแปลการรับรู้โดยใช้ความรู้สึก เป็นกระบวนการทางสมองในการตัดสินใจความหมาย การแปลสัญลักษณ์ การใช้จินตนาการหรือ การเตือนให้ระลึกถึงบางสิ่งบางอย่าง

ขั้นที่ 2 การเตรียมพร้อมปฏิบัติ (Set) เป็นการเตรียมการปรับตัวหรือความพร้อม ในการกระทำทั้งทางสมอง ทางกาย และทางอารมณ์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

1) ความพร้อมทางสมอง (Mental Set) เป็นความพร้อมทางความรู้สึกทางสมอง เป็นความพร้อมเชิงความคิดที่จะกระทำกิจกรรมทางทักษะบางอย่าง เป็นสิ่งที่ต้องมีมาก่อนและ เกี่ยวข้องกับระดับการรับรู้

2) ความพร้อมทางกาย (Physical Set) เป็นความพร้อมในลักษณะที่มีการปรับตัวของร่างกาย ซึ่งจำเป็นสำหรับการกระทำบางอย่าง เป็นความพร้อมในการลงมือกระทำ ทางกายทางประสาท และการรับรู้ต่าง ๆ

3) ความพร้อมทางอารมณ์ (Emotional Set) เป็นความพร้อมในทางความชอบ ทัศนคติ เจตคติที่ดี และพึงปรารถนาต่อกิจกรรมปฏิบัติที่เกิดขึ้น ความเต็มใจที่จะตอบสนอง

ขั้นที่ 3 การตอบสนองตามแนวทางที่ให้ (Guided Response) เป็นขั้นแรก ของการเรียนรู้ทักษะที่ซับซ้อนเป็นการแสดงพฤติกรรมโดยเปิดเผยของแต่ละคนภายใต้คำแนะนำ แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) การเลียนแบบ (Imitation) เป็นการกระทำตอบสนองโดยตรงต่อการรับรู้ ของบุคคลหนึ่งบุคคลใดที่กระทำต่อกัน

2) การลองผิดลองถูก (Trial and Error) เป็นความพยายามที่จะตอบสนอง จนกว่าจะสัมฤทธิ์ผล โดยการตอบสนองแต่ละครั้งจะมีเหตุผล การตอบสนองที่เหมาะสมจะทำให้ เกิดความสำเร็จหรือมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 4 กลไก (Mechanism) เป็นขั้นกลางของการเรียนรู้ทักษะที่ซับซ้อน มีการเรียนรู้การตอบสนองจนเป็นนิสัย ผู้เรียนมีความมั่นใจในสิ่งที่ทำ และกระทำอย่างชำนาญ คล่องแคล่ว

ขั้นที่ 5 การตอบสนองที่ซับซ้อน (Complex Overt Response) เป็นการใช้ทักษะ ขั้นสูงในการกระทำที่ซับซ้อนและชำนาญ เป็นการกระทำอย่างรวดเร็ว รวดไว ถูกต้อง และผลาน ความร่วมมือกับสิ่งอื่น โดยใช้พลังงานน้อย เป็นการกระทำโดยไม่เจินอาย และเป็นอัตโนมัติ

1) การตัดสินใจกระทำอย่างเด็ดเดี่ยวไม่ลังเล (Resolution of Uncertainty) เป็นการกระทำโดยปราศจากความลังเลใจ และกระทำด้วยความมั่นใจ

2) การตอบสนองแบบอัตโนมัติ (Automatic Performance) เป็นการประสานการทำงานของกล้ามเนื้อ รวมทั้งควบคุมได้โดยอัตโนมัติ

ขั้นที่ 6 การปรับตัว (Adaptation) เป็นการเปลี่ยนกิจกรรมในการเคลื่อนไหวโดยสมองให้เคลื่อนไหวได้เหมาะสมกับความต้องการหรือสถานการณ์ของปัญหา

ขั้นที่ 7 การริเริ่ม (Origination) เป็นการริเริ่มรูปแบบการเคลื่อนไหวใหม่ ๆ ที่เหมาะสมกับสถานการณ์ หรือปัญหาเฉพาะเรื่อง เน้นการสร้างสรรคบนพื้นฐานของทักษะขั้นสูง

6.2 แนวคิดเกี่ยวกับพฤติกรรมการเรียนรู้ด้านการปฏิบัติตามแนวคิดของบลูม

Bloom (1956) ได้กล่าวไว้ว่า ทักษะพิสัยเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่ระบุดังความสามารถในการปฏิบัติงานได้อย่างคล่องแคล่วชำนาญ พฤติกรรมด้านนี้จะเห็นได้จากการกระทำ ซึ่งแสดงผลของการปฏิบัติออกมาได้โดยตรงโดยมีเวลาและคุณภาพของงานเป็นตัวชี้ระดับของทักษะที่เกิดว่ามีมากน้อยเพียงใดการที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางด้านทักษะพิสัยผู้เรียนจะต้องพร้อมที่จะใช้วิธีต่าง ๆ พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย ประกอบด้วย พฤติกรรมย่อย 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 การรับรู้ (Imitation) เป็นพฤติกรรมทำให้ผู้เรียนได้รับรู้หลักการปฏิบัติที่ถูกต้อง หรือเป็นการเลือกหาตัวแบบที่สนใจ

ขั้นที่ 2 การกระทำตามแบบหรือเครื่องชี้แนะ (Manipulation) เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนพยายามฝึกตามแบบที่ตนสนใจและพยายามทำซ้ำ เพื่อที่จะให้เกิดทักษะตามแบบที่ตนสนใจให้ได้ หรือสามารถปฏิบัติงานได้ตามข้อแนะนำ

ขั้นที่ 3 การหาความถูกต้อง (Precision) เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้ด้วยตนเอง โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องชี้แนะ เมื่อได้กระทำซ้ำแล้ว ก็พยายามหาความถูกต้องในการปฏิบัติ ซึ่งจะพัฒนาเป็นรูปแบบของตัวเอง อาจจะไม่เหมือนหรือไม่เหมือนกับตัวแบบเดิมก็ได้

ขั้นที่ 4 การกระทำอย่างต่อเนื่อง (Articulation) หลังจากที่ได้ตัดสินใจเลือกรูปแบบที่เป็นของตัวเองก็จะมีกรกระทำตามรูปแบบนั้นอย่างต่อเนื่อง จนปฏิบัติงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และคล่องแคล่ว นั่นคือ เกิดทักษะขึ้นแล้ว การที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะ ได้จะต้องอาศัยการฝึกฝนในเรื่องนั้น ๆ และกระทำอย่างสม่ำเสมอ

ขั้นที่ 5 การกระทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ (Naturalization) เป็นพฤติกรรมสุดท้ายที่จะได้จากการฝึกอย่างต่อเนื่อง จนสามารถปฏิบัติสิ่งนั้น ๆ ได้คล่องแคล่วว่องไว โดยอัตโนมัติ ดูเป็นไปอย่างธรรมชาติไม่ขัดเขิน ซึ่งถือเป็นความสามารถของการปฏิบัติในระดับสูง

6.3 แนวคิดเกี่ยวกับการประเมินภาคปฏิบัติ ของวิกกินส์

Wiggins (2002) กล่าวว่า การประเมินภาคปฏิบัติเป็นพื้นฐานของการประเมินหรือเป็นจุดเริ่มต้นของการประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน (Portfolio) การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) การประเมินในสถานการณ์จริง (Real-World) หรือการประเมินโครงการ (Project Based) การประเมินภาคปฏิบัติมีแนวคิดที่แตกต่างจากการประเมินแบบเขียนตอบ (paper and pencil) กล่าวคือ การประเมินภาคปฏิบัติมีความซับซ้อน เกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย ดังนั้น จึงจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลประกอบการตัดสินใจในหลายด้าน

การประเมินภาคปฏิบัติ กับการประเมินตามสภาพจริง

การประเมินภาคปฏิบัติ (Performance Assessment) กับการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) เป็นคำที่มักใช้ร่วมกัน ซึ่งยังเป็นที่ถกเถียงในบรรดานักวิจัยว่า แท้จริงแล้วการประเมินภาคปฏิบัติ กับการประเมินตามสภาพจริงมีความเหมือนหรือแตกต่างกันทั้งนี้พิจารณาได้จากจุดประสงค์ของการประเมิน ดังตาราง 9

ตาราง 9 การเปรียบเทียบการประเมินภาคปฏิบัติกับการประเมินตามสภาพจริง

การประเมินภาคปฏิบัติ (Performance Assessment)	การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment)
ประเมินพฤติกรรมที่แสดงออกโดยมีการ ออกแบบหรือกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการไว้	ประเมินพฤติกรรมหรือการแสดงออก ซึ่งดำเนินถึงบริบทที่เป็นไปตามสภาพจริง ในชีวิตประจำวัน และผู้ถูกประเมินมีส่วน ในการตัดสินใจเพื่อพัฒนาผลงานของตนเอง ตั้งแต่เริ่มต้น

จากตาราง 9 พบว่าการประเมินภาคปฏิบัติเป็นการประเมินภายใต้สถานการณ์จริงก็คือการประเมินตามสภาพจริง สอดคล้องกับแนวคิดของ Wiggins (2002) ที่กล่าวว่า การประเมินภาคปฏิบัติ (Performance) เป็นพื้นฐานของการประเมินโดยใช้แฟ้มสะสมผลงาน

(Portfolio) การประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) การประเมินในสถานการณ์จริง (Real-World) หรือการประเมินโครงงาน (Project-based)

ฉะนั้นการประเมินแต่ละระดับมีความเกี่ยวข้อง และไม่สามารถแยกออกจากกัน ได้ขาด จึงกำหนดให้การประเมินภาคปฏิบัติ (Performance Assessment) หรือการประเมินตามสภาพจริง (Authentic Assessment) เป็นการประเมินพฤติกรรมหรือกิจกรรมที่นักเรียนแสดงออก หรือใช้ในชีวิตประจำวัน หรือเป็นการประเมินในสถานการณ์จริง แต่หากการปฏิบัติงานในสถานการณ์จริงมีความเสี่ยง หรือต้องใช้ระยะเวลาในการประเมินมาก ครูผู้สอนอาจต้องเลือกใช้สถานการณ์จำลอง หรือสถานการณ์เสมือนจริงแทนได้

7. ลักษณะงานที่ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติในการประเมินภาคปฏิบัติ

ลักษณะงานที่ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติในการประเมินภาคปฏิบัติ หรือการประเมินตามสภาพจริงควรมีลักษณะดังต่อไปนี้ (Wiggins, 1998, pp. 22 - 24)

7.1 เป็นงานที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง (Realistic) ใช้งานจริง (Task) หรืองานที่เสมือนจริง (Tasks replicate) ที่ใช้วัดความรู้ และความสามารถต้องเป็นสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง

7.2 ต้องใช้การตัดสินใจและสร้างนวัตกรรม (Judge and innovation) ผู้เรียนต้องใช้ความรู้และทักษะขั้นสูงที่จะสร้างหรือแก้ปัญหาทางงานนั้น ๆ ต้องมีการวางแผน และหาวิธีแก้ปัญหา มากกว่างานปกติ

7.3 ผู้เรียนต้องปฏิบัติมากกว่าการท่องจำ การอธิบาย หรือการสาธิต ผู้เรียนต้องปฏิบัติงาน (Carry out) ภายใต้อาการทางวิทยาศาสตร์ หรือหลักวิชาต่าง ๆ

7.4 ถ้าเป็นสถานการณ์จำลองที่ให้ปฏิบัติต้องทำในสถานปฏิบัติงานในสถานที่เสมือนจริง

7.5 เป็นงานที่ซับซ้อนที่ผู้เรียนต้องใช้ความรู้ และทักษะในการปฏิบัติงานเป็นอย่างมาก

7.6 เป็นงานที่ผู้เรียนมีโอกาสปฏิบัติได้รับการแนะนำมีผลย้อนกลับเพื่อแก้ไขปรับปรุงผลงาน

จากลักษณะงานที่ให้ผู้เรียนได้ปฏิบัติในการประเมินภาคปฏิบัติ สรุปได้ว่างานตามสภาพจริงนั้นต้องมีในชีวิตจริง ผู้เรียนต้องใช้ความรู้และทักษะขั้นสูงในการปฏิบัติงาน มีโอกาสปฏิบัติจริง และยังได้รับคำแนะนำ เพื่อปรับปรุงผลงานด้วย

8. หลักการพื้นฐานการประเมินภาคปฏิบัติ

Wiggins (2002) กล่าวว่า เพื่อให้การประเมินภาคปฏิบัติมีความน่าเชื่อถือ การประเมินภาคปฏิบัติจึงควรคำนึงถึงหลักการพื้นฐาน ดังต่อไปนี้

8.1 การประเมินภาคปฏิบัติ จะต้องวัดให้ตรงตามเป้าหมายการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ ดังนั้น ก่อนวางแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ต้องกำหนดเป้าหมายการเรียนรู้ และหลักฐานการเรียนรู้ ให้ชัดเจนว่าจะให้นักเรียนปฏิบัติหรือทำอะไรได้ และทำได้ในระดับใด

8.2 กำหนดงานให้มีความสอดคล้องกับตัวชี้วัดการเรียนรู้

8.3 การสร้างความยุติธรรมในการประเมินผลทำได้โดย

8.3.1 กำหนดขอบข่ายของงานให้ชัดเจน

8.3.2 กำหนดเงื่อนไข หรือข้อกำหนดในการทำงานให้ชัดเจน

8.3.3 มอบหมายงาน หรือใช้สถานการณ์ในการมอบหมายงานให้เหมือนกัน

8.4 กำหนดประเด็นสำคัญหรือองค์ประกอบที่สำคัญของภาระงานที่มอบหมาย ให้แก่ผู้เรียน และกำหนดมีวิธีการประเมินหรือเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นสิ่งจำเป็นที่ต้อง ใช้ในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ และกำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนอย่างเที่ยงตรง โดยจะต้องมีลักษณะ ดังนี้

8.4.1 มีแบบประเมินชัดเจน

8.4.2 แบ่งคะแนน วิธีการและผลการปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม

8.4.3 ให้คะแนนครอบคลุมทุกจุดที่ต้องการวัด

8.5 การประเมินภาคปฏิบัติควรพิจารณาตัดสินจากหลาย ๆ องค์ประกอบ ทั้งการ ประเมินความถนัด การประเมินผลสัมฤทธิ์ และทักษะ จึงจะทำให้สามารถทำนายอนาคตหรือ ผลสำเร็จของผู้เรียนได้ดี นอกจากนี้ ควรใช้ภาพถ่ายหรือวิดีโอ เพื่อช่วยให้ผู้ประเมินมองภาพ ผู้ประเมินได้อย่างถูกต้องต่อเนื่อง เช่น การตัดสินความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ อาจต้องการผลการประเมินจากแบบทดสอบ ควบคู่กับการทำโครงงาน และการนำเสนอผล โครงงาน เป็นต้น

9. รูปแบบของการประเมินภาคปฏิบัติ แบ่งออกเป็น 3 รูปแบบ คือ

9.1 ประเมินจากผลงาน (Product) โดยการพิจารณาคุณภาพจากผลงาน ที่นักเรียน ทำสำเร็จหลังจากสิ้นสุดกระบวนการปฏิบัติแล้ว มักใช้ในกรณี งานที่ให้ปฏิบัติมีผลงานปรากฏ ให้เห็นเป็นชิ้นเป็นอัน และผู้ประเมินไม่ได้เน้นความสำคัญของกระบวนการหรือขั้นตอนการปฏิบัติ โดยวิธีการประเมินจะประเมินจากผลงานซึ่งครูสังเกตจากชิ้นงานที่นักเรียนทำสำเร็จแล้ว โดยอาจใช้การจัดอันดับชิ้นงาน (Ranking) หรืออาจกำหนดรายการคุณลักษณะผลงานที่ต้องการ สังเกตไว้แล้ว ใช้แบบตรวจสอบรายการ (Checklist) หรือใช้มาตราประมาณค่า (Rating Scale) เป็นเครื่องมือช่วยในการสังเกต

9.2 ประเมินจากกระบวนการและผลงาน (Process and Product) เป็นการประเมินผลการปฏิบัติที่ต้องพิจารณาทั้งจากกระบวนการและผลงาน การประเมินกระบวนการต้องพิจารณาจากคุณภาพของขั้นตอนการปฏิบัติงาน ซึ่งจะต้องสังเกตในขณะที่นักเรียนกำลังลงมือปฏิบัติงานอยู่ ส่วนการประเมินผลงานต้องพิจารณาจากคุณภาพของชิ้นงานที่ทำสำเร็จแล้ว โดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับการประเมินผลงานที่กล่าวมาแล้วในข้อ 1 ซึ่งต้องประเมินหลังจากที่นักเรียนปฏิบัติงานเสร็จแล้ว หรือสิ้นสุดกระบวนการปฏิบัติแล้ว

การประเมินทั้งกระบวนการและผลงาน จะทำในกรณีที่ลักษณะของงานที่ปฏิบัติมีขั้นตอนชัดเจนที่สามารถกำหนดเป็นพฤติกรรมได้อย่างชัดเจน และเมื่อสิ้นสุดกระบวนการปฏิบัติงานมีผลงานปรากฏออกมาเป็นชิ้นงานให้มองเห็นได้ วิธีการประเมินจากกระบวนการและผลงาน จำเป็นต้องใช้การสังเกต โดยสังเกตขั้นตอนการปฏิบัติงานตั้งแต่เริ่มลงมือปฏิบัติ จนกระทั่งสิ้นสุดขั้นตอนการปฏิบัติ และเมื่อปฏิบัติเสร็จสิ้นแล้ว จะต้องสังเกตผลงานหรือชิ้นงานที่ได้จากการปฏิบัติด้วย โดยต้องกำหนดรายการคุณลักษณะที่ต้องการสังเกตให้ครอบคลุมทั้งกระบวนการและผลงาน รวมทั้งคุณลักษณะด้านจิตพิสัยไว้ล่วงหน้าก่อนทำการวัดแล้วใช้เครื่องมือประเภทแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) หรือ มาตรฐานค่า (Rating Scale) ประกอบการสังเกต

9.3 ประเมินจากกระบวนการ (Process) การปฏิบัติงานบางอย่างไม่สามารถแยกกระบวนการปฏิบัติกับผลงานออกจากกันได้ เนื่องจากเมื่อสิ้นสุดกระบวนการปฏิบัติไม่มีผลงานปรากฏออกมาให้มองเห็นเป็นรูปร่างชิ้นงาน แต่ผลงานจะเกิดขึ้นในขณะที่กำลังปฏิบัติอยู่ เช่น การขับร้อง การพ้อนรำ การเล่นกีฬา การพูด การอ่าน เป็นต้น

วิธีการประเมินผลการปฏิบัติลักษณะนี้ จึงต้องสังเกตผลงานในขณะที่ผู้เรียนกำลังปฏิบัติ นั่นคือ สังเกตกระบวนการและผลงานไปพร้อม ๆ กัน ตั้งแต่เริ่มต้นจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการปฏิบัติ โดยผู้ประเมินต้องกำหนดรายการปฏิบัติให้ครอบคลุมกระบวนการปฏิบัติรวมทั้งคุณลักษณะด้านจิตพิสัย แล้วใช้เครื่องมือประเภทแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) หรือ มาตรฐานค่า (Rating Scale) ประกอบการสังเกตเช่นเดียวกับการประเมินทั้ง 2 ลักษณะข้างต้น แต่ต่างกันตรงที่สังเกตในขณะที่กำลังปฏิบัติเท่านั้นก่อนการประเมินภาคปฏิบัติ ผู้ประเมินควรตรวจสอบว่า จำเป็นต้องมีการประเมินภาคปฏิบัติหรือไม่ หรือมีความเป็นไปได้หรือไม่ที่จะประเมินภาคปฏิบัติ ดังนี้

9.3.1 สิ่งที่จะวัดต้องมีการปฏิบัติอย่างแท้จริง การปฏิบัติจะเกิดขึ้นเมื่อผู้ถูกวัดใช้มือหรือส่วนต่าง ๆ ของร่างกายทำงาน เช่น หยิบจับสิ่งของ เครื่องมือ การเคลื่อนไหวร่างกายตามจังหวะ การเปล่งเสียง การอ่าน หรือ ร้องเพลง เป็นต้น การวัดในสถานการณ์เช่นนี้ หากใช้

ข้อสอบที่ต้องเขียนตอบไปวัดถือว่าทำให้ขาดความเที่ยงตรงในการวัดอย่างไรก็ตาม ไม่ได้หมายความว่าการใช้กระดาษ ปากกาเขียนตอบไม่ใช่เครื่องวัดที่ดี ขึ้นอยู่กับงานที่ให้นักเรียนทำ เช่น ถ้าต้องการวัดทักษะการคัดลายมือ ก็จำเป็นต้องอาศัยกระดาษ ดินสอให้ผู้เข้าทดสอบเขียนตอบ เพราะความสามารถที่มุ่งวัดนั้น คือ ความสามารถในการเขียนคัดตัวอักษร

9.3.2 สิ่งที่วัดเป็นผลมาจากการเรียนรู้ทักษะ ในขณะที่การวัดความรู้หรือ ความรู้สึกสามารถวัดโดยใช้กระดาษและดินสอ แต่ถ้าเป็นทักษะซึ่งต้องอาศัยการฝึกปฏิบัติ ทักษะนี้ควรวัดโดยให้มีการปฏิบัติหรือแสดงออกทางกายให้ดู

9.3.3 สิ่งที่ต้องการวัดเป็นการวัดความเข้าใจในการประยุกต์ใช้ความรู้ผลงาน ที่ปรากฏเป็นผลผลิตที่เป็นรูปธรรม จะสะท้อนถึงกระบวนการที่แสดงความรู้ความเข้าใจ แต่การปฏิบัติงานจนมีความชำนาญสามารถประยุกต์ความรู้มาใช้ให้เกิดประโยชน์นั้นจำเป็นต้อง อาศัยการฝึกฝนมาเป็นเวลานานทำให้ความสามารถในการปฏิบัติงาน ไม่ได้สะท้อนถึงความรู้ ความเข้าใจอีกต่อไป แต่เป็นความสามารถถึงขั้นที่ผู้เรียนมีทักษะการปฏิบัติที่สามารถทำได้ อย่างอัตโนมัติจนเป็นนิสัย เช่น ทักษะการขับรถ เป็นต้น

9.3.4 ผลงานที่ได้รับต้องอยู่ในรูปที่สามารถวัดได้ ในกรณีที่ครูวัดผลงานของ นักเรียน เช่น การคำนวณเลข นักเรียนอาจแก้ปัญหาโดยเขียนตอบในกระดาษส่งครู แต่หากผลงาน ที่จะวัดอยู่ในรูปของสิ่งของซึ่งมองเห็นได้ การวัดที่มีความเที่ยงตรงคือการวัดโดยการประเมิน คุณภาพของงานจากผลงานที่เป็นของจริง

10. ประเภทของการประเมินภาคปฏิบัติ

การประเมินภาคปฏิบัติ จำแนกตามระดับความเป็นจริงของสถานการณ์ การปฏิบัติตั้งแต่ระดับความจริงต่ำสุด จนถึงระดับความเป็นจริงสูงสุด ได้ 4 ประเภท คือ

10.1 การวัดภาคปฏิบัติด้วยการให้เขียนตอบ (Paper and Pencil Performance Test) เป็นการวัดที่มุ่งให้ผู้สอบแสดงการปฏิบัติโดยการเขียนลงในกระดาษ ซึ่งเป็นคนละลักษณะ กับการให้เขียนตอบในการวัดผลสัมฤทธิ์ด้านสติปัญญา เพราะสถานการณ์ของการวัดการปฏิบัติ จะมุ่งให้ผู้สอบประยุกต์ความรู้ความสามารถและทักษะที่ได้รับการฝึกฝนมา แล้วแสดงพฤติกรรม ออกมาโดยการเขียนลงในกระดาษ ซึ่งก็คือ ผลงาน (Product) หรือชิ้นงานที่ได้จากการปฏิบัติ นั้นเอง เช่น ให้วาดภาพธรรมชาติตามจินตนาการ ให้สร้างแบบตัดกระโปรงทรงสอบ ให้เขียน แผนผังการจัดสนามสอบ ให้สร้างแผนภาพวงจรไฟฟ้า เป็นต้น การวัดภาคปฏิบัติด้วยการให้เขียน ตอบนี้ใช้ในบางกรณีที่ต้องใช้วัดความรู้เกี่ยวกับขั้นตอนการปฏิบัติโดยเฉพาะงานภาคปฏิบัติ ที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดอันตราย จำเป็นต้องตรวจสอบให้แน่ใจก่อนลงมือปฏิบัติว่าผู้ปฏิบัติ รู้ขั้นตอนการปฏิบัติที่ถูกต้องแล้ว เพื่อไม่ให้เกิดอันตรายต่อตนเองและผู้อื่นในขณะที่กำลังลงมือ

ปฏิบัติ เช่น ให้เขียนขั้นตอนการกักกับระเบิดก่อนลงมือปฏิบัติจริง ให้เขียนขั้นตอนการบังคับจรวดก่อนปฏิบัติจริง เป็นต้น

ผลการสอบด้วยแบบทดสอบเขียนตอบแบบนี้จะแสดงให้เห็นว่าผู้ตอบรู้ลำดับขั้นตอนการปฏิบัติถูกต้องหรือไม่เท่านั้น ไม่ได้แสดงให้เห็นว่าผู้สอบมีความสามารถในการปฏิบัติหรือมีบางกรณีอาจใช้การสอบแบบเขียนตอบวัดภาคปฏิบัติในงานที่ให้ปฏิบัติเป็นกลุ่ม แต่ต้องการวัดเป็นรายบุคคล เพื่อตรวจสอบความร่วมมือในการทำงานของแต่ละบุคคลว่าได้ร่วมงานปฏิบัติด้วยหรือไม่ เช่น ให้เขียนขั้นตอนการปฏิบัติ ให้เขียนหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย ให้เขียนชื่อสมาชิกในกลุ่ม ให้เขียนผลที่ได้จากการปฏิบัติ เป็นต้น ผลการสอบด้วยแบบทดสอบเขียนตอบแบบนี้ยังไม่ได้แสดงให้เห็นว่าเขามีความสามารถในการปฏิบัติหรือไม่ เพียงแต่แสดงให้เห็นว่าเขามีส่วนร่วมในการปฏิบัติงานหรือไม่เท่านั้น

10.2 การวัดภาคปฏิบัติเชิงจำแนก (Identification Test) เป็นการวัดความสามารถที่ซับซ้อนเพื่อตรวจสอบทักษะในการปฏิบัติงาน เช่น ให้ฟังเสียงเครื่องยนต์ที่ผิดปกติแล้วให้ระบุว่าผิดปกติที่จุดใด พร้อมทั้งระบุวิธีการซ่อมด้วย เป็นต้น อย่างไรก็ตามการวัดการปฏิบัติเชิงจำแนกแต่เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถระบุได้แน่นอนว่าคุณมีความสามารถในการปฏิบัติ เพราะไม่สามารถวัดกระบวนการและผลงานขั้นสุดท้ายของผู้ปฏิบัติได้ เนื่องจากไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง แต่ผลการวัดภาคปฏิบัติเชิงจำแนกสามารถใช้เป็นข้อมูลประกอบการปฏิบัติจริงเพื่อยืนยันว่าคุณมีความสามารถในการปฏิบัติเพียงใดได้

10.3 การวัดภาคปฏิบัติด้วยสถานการณ์จำลอง (Simulated Situation Performance) เป็นการวัดที่ให้ผู้ลงมือปฏิบัติในสถานการณ์ที่จำลองขึ้นมาให้คล้ายจริง ใช้วัดในกรณีที่ไม่สามารถให้ผู้สอบปฏิบัติในสถานการณ์จริงได้ เนื่องจากอาจเกิดผลเสียหรืออันตรายร้ายแรงกับตนเองหรือผู้อื่นในกรณีที่ปฏิบัติผิดพลาด หรือกรณีที่อุปกรณ์ปฏิบัติมีราคาแพงมาก เช่น

10.3.1 การสอบใบขับขี่ต้องสอบในสนามสอบจำลอง เพราะถ้าให้สอบในสนามจริงอาจเกิดอุบัติเหตุจากรถได้

10.3.2 การทดสอบการฉีดยา การทดสอบปัมหัวใจของนักเรียนแพทย์ ต้องทดสอบกับหุ่นเพื่อไม่ให้เกิดอันตรายกับคนไข้

10.3.3 การทดสอบขับยานอวกาศต้องทดสอบกับยานอวกาศจำลอง เพราะถ้าต้องทดสอบกับ ยานอวกาศจริงต้องใช้งบประมาณสูง

ดังนั้น ผลการวัดแม่นยำหรือไม่ ขึ้นอยู่กับสถานการณ์ที่กำหนดให้ว่าใกล้เคียงความเป็นจริงหรือไม่ ผู้วัดจึงต้องพยายามสร้างสถานการณ์ให้เหมือนกับอยู่ในสถานการณ์จริงมากที่สุดเพื่อให้ผลการวัดออกมาเที่ยงตรงมากที่สุด

10.4 การวัดภาคปฏิบัติด้วยตัวอย่างงาน (Work Sample) เป็นการวัดในลักษณะที่กำหนดงานให้ผู้สอบปฏิบัติภายใต้สถานการณ์ที่เป็นจริง เช่น กำหนดให้ตัดเสื้อจริง ๆ ในวิชาตัดเย็บ กำหนดให้ทำอาหารจริงในวิชาหกรรม เป็นต้น ลักษณะของการวัดการปฏิบัติด้วยตัวอย่างงานมีความคล้ายคลึงกับการวัดการปฏิบัติด้วยสถานการณ์จำลอง

การวัดภาคปฏิบัติด้วยตัวอย่างงานเป็นการวัดที่นับว่า มีระดับความเป็นจริงสูงสุด (High Realism) เพราะเป็นการวัดการปฏิบัติที่ให้ผู้สอบลงมือปฏิบัติงานด้วยตนเองในสภาพการณ์จริง อย่างไรก็ตามผลการวัดจะชี้ให้เห็นความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนต่อเมื่องานที่กำหนดให้ปฏิบัติถูกเลือกมาอย่างดีเป็นตัวแทนของพฤติกรรมที่ต้องการวัดอย่างแท้จริง

11. เครื่องมือในการประเมินภาคปฏิบัติ

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท ดังนี้

11.1 เครื่องมือประเภทที่ใช้ในการวัดกระบวนการปฏิบัติงาน เป็นการวัดกระบวนการปฏิบัติงานเน้นที่ทักษะความสามารถในการทำงานความถูกต้องของการปฏิบัติ ลำดับการทำงาน วิธีการวัดที่มีความเที่ยงตรง คือ การใช้การสังเกต ประเมินพฤติกรรมการทำงาน เครื่องมือที่ใช้ในการสังเกตที่ใช้กันมาก ได้แก่ แบบตรวจสอบรายการ (checklist) ระเบียบพฤติกรรม (anecdotal record) มาตรฐานประมาณค่า (rating scale) เป็นต้น

11.2 เครื่องมือประเภทที่ใช้ในการวัดผลงาน สำหรับการวัดคุณภาพของผลงานที่ผู้เรียนทำส่งไม่ว่าจะเป็น ผลงาน รายงาน การทดลอง (lab report) work sample โครงงาน ในปัจจุบันการประเมินภาคปฏิบัติมีเครื่องมือในการวัดและประเมินผลที่หลากหลายโดยเครื่องมือซึ่งเป็นที่ยอมรับที่ครูสามารถเลือกใช้ให้สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทของแต่ละคนมีดังนี้ (บุญเชิด ภิญญอนันตพงษ์, 2544, หน้า 107 - 117; สุวิมล ว่องวานิช, 2546, หน้า 226 - 231)

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินภาคปฏิบัติ

1. แบบตรวจสอบรายการ

แบบตรวจสอบรายการเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดพฤติกรรมที่ต้องการ โดยเน้นที่การบันทึกข้อมูลที่แสดงถึงพฤติกรรมปฏิบัติของผู้ถูกประเมินว่าได้ปฏิบัติงานตามข้อรายการที่แสดงไว้หรือไม่ มักใช้กับกิจกรรมของงานที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติที่เป็นลำดับขั้นตอน ผู้ถูกทดสอบมักจะได้รับข้อมูลอันเป็นผลจากการสังเกตของผู้ประเมิน เพื่อทราบทักษะการปฏิบัติของตนเองอันจะเป็นประโยชน์กับการปรับปรุงแก้ไขต่อไป เป็นการให้ข้อมูลป้อนกลับกับผู้ปฏิบัติ

แบบตรวจสอบรายการนี้เหมาะกับการวัดทักษะการปฏิบัติงานในส่วนที่เป็นกระบวนการ ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ค่อนข้างแน่นอนตายตัว ข้อสังเกตการใช้แบบตรวจสอบรายการมักไม่ใช้ในรูปการประเมินคุณภาพของการปฏิบัติ นั่นคือ ผู้ประเมินมีหน้าที่สังเกตว่าผู้ปฏิบัติได้ทำงานในขั้นตอนที่กำหนดหรือไม่ และทำได้หรือไม่ แต่จะไม่ตัดสินว่าทำได้ดีหรือไม่ สวยหรือไม่สวยเพียงใด ฯลฯ การตัดสินผลการวัดขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่วางไว้ บางครั้งหากทักษะที่ให้ปฏิบัติงานมีความสำคัญทุกขั้นตอน ผู้ปฏิบัติที่ไม่ผ่านการประเมินในขั้นตอนใดขั้นตอนหนึ่ง อาจถือว่าไม่มีทักษะในการปฏิบัติงานนั้นทั้งหมด

2. มาตรฐานประมาณค่า (Rating Scale)

แบบประมาณค่าหรือมาตรฐานประมาณค่าเป็นเครื่องมือที่สามารถนำมาใช้วัดทักษะการปฏิบัติได้ ทั้งในการวัดกระบวนการและผลงาน โดยการแสดงรายการพฤติกรรมที่วัด และตัวบ่งชี้คุณภาพของระดับการปฏิบัติซึ่งกำหนดเป็นโครงสร้างและมีช่วงของมาตราที่มีค่าเป็นตัวเลขหรือระดับของพฤติกรรมให้ผู้ประเมินเลือกตามการตัดสินใจของตนเอง

ขั้นตอนการสร้างมาตรฐานประมาณค่าที่สำคัญ คือ การระบุจุดมุ่งหมายของการวัด เพื่อหาตัวบ่งชี้พฤติกรรมที่จะวัดให้ได้ หลังจากนั้นเลือกรูปแบบของมาตราที่จะใช้แล้วกำหนดว่าจะแบ่งช่วงของมาตรวัดเป็นเท่าใด การเลือกมาตรวัดอาจใช้รูปแบบผสม คือ ใช้แบบแสดงด้วยตัวเลขกับแบบกราฟิก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและลักษณะของพฤติกรรมที่วัดมาตรวัดที่กำหนดจะมีช่วงคะแนน ซึ่งอาจเป็น 3, 5, 7, 9 ช่วง แต่ละแบบจะมีคะแนนไม่เท่ากัน การตรวจให้คะแนนจะรวมคะแนนจากแต่ละข้อรายการเป็นคะแนนรวมทั้งหมด หากเห็นว่าพฤติกรรมใดมีความสำคัญกว่าข้อใดข้อหนึ่ง ผู้ประเมินอาจให้น้ำหนักคะแนนมากกว่าข้ออื่น ดังนั้น ในการรวมคะแนนน้ำหนักของแต่ละข้อจะถูกนำมาคิดคำนวณด้วย การกำหนดน้ำหนักคะแนนที่แทนความสำคัญของรายการพฤติกรรมจะทำโดยผู้ที่มีความชำนาญในกิจกรรมหรืองานนั้น ๆ

มาตรฐานประมาณค่าจะใช้ในกรณีที่พฤติกรรมที่วัดสามารถเห็นได้ชัดเป็นรูปธรรม และสามารถระบุระดับหรือขนาดของคุณภาพได้อย่างชัดเจนและเปิดเผย อย่างไรก็ตาม การวัดโดยใช้มาตรฐานประมาณค่ายังหลีกเลี่ยงข้อดีจากผู้ประเมินได้ยาก เพราะการกำหนดระดับของคุณภาพขึ้นอยู่กับมติตัดสินของผู้ประเมินมาตรฐานประมาณค่าจึงมักใช้โดยกำหนดผู้ประเมินมากกว่าหนึ่งคน เพื่อป้องกันความลำเอียงในการประเมิน

3. ระเบียบเหตุการณ์ (Anecdotal Record)

แบบระเบียบเหตุการณ์เป็นการบันทึกข้อมูลจากการสังเกตอย่างไม่เป็นทางการ (informal observation) ในห้องเรียน โดยเฉพาะหากเป็นชั้นเรียนเล็ก ๆ ผู้ประเมินจะสังเกต

พัฒนาการของผู้ถูกประเมินแล้วจดบันทึก พฤติกรรมที่บันทึกในระเบียนนั้นเป็นพฤติกรรมที่ไม่ได้คาดคะเนล่วงหน้าว่าจะต้องเกิด มีการวางแผนล่วงหน้าว่าจะทำการบันทึกพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน แต่จะไม่กำหนดพฤติกรรมที่ต้องการสังเกต ผู้บันทึกมีหน้าที่บันทึกพฤติกรรมที่เห็นว่าจำเป็นและมีความสำคัญกับการเรียนการสอน

สำหรับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยวัดและประเมินผลทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 2 วิธีคือ

วิธีที่ 1 วัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้วยแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

วิธีที่ 2 วัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้วยการประเมินภาคปฏิบัติ (Performance Assessment) โดยประเมินจากการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 3 กิจกรรม และประเมินคุณภาพของผลงานที่ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ (Process and Product) ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1. แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

2. เครื่องมือประเภทแบบตรวจสอบรายการ (Checklist) ได้แก่ แบบสังเกตการสื่อสาร แบบสังเกตการนำเสนอ และแบบสังเกตการร่วมมือในการทำงาน 3. เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรฐานค่า (Rating Scale) 4 ระดับ

ตอนที่ 5 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้

1. ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้

ทิสนา แชมมณี (2556, หน้า 1) กล่าวถึงคำว่า “การเรียนรู้” โดยครอบคลุมความหมาย 2 ประการ คือ กระบวนการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ ดังนี้

1. กระบวนการเรียนรู้ หมายถึง การดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนหรือการใช้วิธีต่าง ๆ ที่ช่วยให้บุคคลเกิดการเรียนรู้

2. ผลการเรียนรู้ ได้แก่ ความรู้ความเข้าใจในสาระต่าง ๆ ความสามารถในการกระทำ การใช้ทักษะกระบวนการต่าง ๆ รวมทั้งความรู้สึกรู้สึกหรือเจตคติอันเป็นผลที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเรียนรู้หรือการใช้วิธีการเรียนรู้

ดังนั้น การเรียนรู้ มีลักษณะเป็นผลลัพธ์อันเป็นเป้าหมายปลายทาง และวิธีการที่นำไปสู่เป้าหมาย ลักษณะดังกล่าวเป็นองค์ประกอบที่สัมพันธ์กันและกันส่งผลกระทบต่อกัน กล่าวคือ หากบุคคลมีกระบวนการแสวงหาความรู้ที่ดีมีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับตน บุคคลนั้นก็ย่อมมีโอกาสที่จะเกิดความรู้ ความเข้าใจในสาระหรือกระบวนการต่าง ๆ ได้อย่างกระจ่าง

ต้องแท้และลึกซึ้ง เกิดความรู้สึกหรือเจตคติไปในทางที่เหมาะสมและเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านการกระทำหรือพฤติกรรมไปในทางที่พึงประสงค์

บุรชัย ศิริมหาสาคร (2545, หน้า 48) ได้ให้ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ว่าเป็นสภาพการเรียนรู้ที่ครูจัดให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้ผู้เรียนบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ตามหลักสูตร กิจกรรมการเรียนการสอนที่ดีต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหาและสภาพแวดล้อมอื่น ๆ เช่น วัยหรือระดับชั้นของผู้เรียนสภาพแวดล้อมในโรงเรียนและในชีวิตจริง

ชนาธิป พรกุล (2552, หน้า 7) ได้ให้ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ว่าเป็นงานที่ผู้เรียนทำแล้วเกิดการเรียนรู้ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง โดยแสดงเป็นพฤติกรรมที่ผู้สอนกำหนดไว้ในจุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ที่ดีควรมีหลากหลายเปิดโอกาสให้ผู้เรียนนำมามีส่วนร่วมในการเรียนรู้ ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านร่างกาย ด้านสติปัญญา ด้านสังคม และด้านอารมณ์

สำนักงานวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2553, หน้า 20) ได้ให้ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ว่าเป็นกิจกรรมต่าง ๆ ที่ใช้ในการเรียนการสอนและช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจ เข้าใจ เกิดการเรียนรู้และมีพัฒนาการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นตามเป้าหมายของหลักสูตร

กฤตยาพร อมรพัฒนานุกุล (2560, หน้า 19) ได้ให้ความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ว่าเป็นสภาพการเรียนรู้ สถานการณ์ที่ผู้สอนจัดกระทำขึ้นในการจัดการเรียนการสอนหรืองานที่ผู้ทำแล้วเกิดการเรียนรู้ทั้งด้านร่างกาย สติปัญญา สังคม และอารมณ์ สถานการณ์ดังกล่าวจะต้องอาศัยความสัมพันธ์และมีปฏิสัมพันธ์เกิดขึ้นระหว่างผู้สอน ผู้เรียน และสิ่งแวดล้อม เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และประสบการณ์ พัฒนาทักษะไปสู่หมายตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้

จากความหมายของกิจกรรมการเรียนรู้ของนักการศึกษาสรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้ หมายถึง การปฏิบัติต่าง ๆ ของผู้เรียนที่ผู้สอนจัดกระทำขึ้นในการจัดการเรียนการสอนแล้วส่งผลให้ผู้เรียน บรรลุตามเป้าหมายผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้

2. ความสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้

บุรชัย ศิริมหาสาคร (2547, หน้า 16 -17) ได้อธิบายถึงความสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

1. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้เป็นหลักฐานที่แสดงถึงการเป็นครุมืออาชีพ โดยมีการเตรียมการล่วงหน้า นอกจากนี้กิจกรรมการเรียนรู้ยังสะท้อนให้เห็นถึงมาผสมผสานกันระหว่างเทคนิคการจัดการเรียน สื่อ นวัตกรรม และจิตวิทยาการศึกษา ของครูที่นำมาใช้ให้เหมาะสมกับสภาพผู้เรียน

2. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมให้ครูศึกษาค้นคว้าหาความรู้เกี่ยวกับหลักสูตร เทคนิคการจัดการเรียนรู้ การพัฒนาสื่อและนวัตกรรมทางการศึกษา วิจัยวัดและประเมินผลเพื่อพัฒนาวิชาชีพของตน

3. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ช่วยให้ครูผู้สอนและครูที่ทำหน้าที่แทน สามารถจัดกิจกรรมได้อย่างมั่นใจและมีประสิทธิภาพ

4. กิจกรรมการเรียนรู้ เป็นหลักฐานด้านการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ครั้งต่อไป

5. กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ เป็นหลักฐานที่แสดงถึงความเชี่ยวชาญในวิชาชีพ ซึ่งสามารถนำไปเป็นผลงานทางวิชาการ เพื่อประกอบการพิจารณาความดีความชอบ และขอเลื่อนตำแหน่ง

วราภรณ์ ศรีวิโรจน์ (2559, หน้า 3) ได้อธิบายถึงความสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ ว่า กิจกรรมการเรียนรู้เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการจัดการเรียนรู้เนื่องจากกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสม จะทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างแท้จริง ความสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีผลต่อการเรียนรู้ไว้หลายประการ ดังนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียน เรียนรู้อย่างมีความสุข สนุกสนาน เกิดความเข้าใจในบทเรียน สามารถขยายความรู้และประสบการณ์ของผู้เรียนให้กว้างขวาง

2. กิจกรรมจะเปิดโอกาสให้ผู้เรียนประสบความสำเร็จ

3. กิจกรรมช่วยให้เห็นความแตกต่างระหว่างบุคคล

4. กิจกรรมจะช่วยส่งเสริมความงอกงามและพัฒนาการของผู้เรียน

5. กิจกรรมจะช่วยส่งเสริมทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21

สรุป กิจกรรมการเรียนรู้เป็นส่วนช่วยให้ครูสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมผู้เรียนให้บรรลุตามผลการเรียนรู้ที่ตั้งไว้ได้อย่างมั่นใจและมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ กิจกรรมการเรียนรู้ยังหลักฐานในการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างหนึ่ง

3. องค์ประกอบของกิจกรรมการเรียนรู้

ก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้นต้องจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้ผู้จัดกิจกรรมสามารถจัดกิจกรรมได้อย่างบรรลุเป้าหมายและมีประสิทธิภาพ โดยองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้เป็นสิ่งที่ควรตระหนักถึงเป็นอย่างยิ่งหากขาดองค์ประกอบใดก็มีอาจทำให้แผนการจัดการเรียนรู้ไม่สมบูรณ์ เมื่อพิจารณาแล้วการศึกษา วิเคราะห์ องค์ประกอบของแผน โดยทั่วไปมี 7 องค์ประกอบ (เอกรินทร์ สีมหาศาล, 2551, หน้า 82) ดังนี้

1. สาระสำคัญ เป็นการเขียนในลักษณะเป็นความคิดรวบยอดหรือ Concept

2. จุดประสงค์การเรียนรู้ เขียนในลักษณะจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งเมื่อผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติทุกพฤติกรรมในแต่ละแผนการเรียนรู้ของหน่วยการเรียนรู้ แล้วบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ ตัวชี้วัด และมาตรฐานผลการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในแต่ละหน่วย

3. สารการเรียนรู้ เป็นการเขียนเนื้อหาสาระในลักษณะเป็นประเด็นสำคัญสั้น ๆ สอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่กำหนดไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้

4. กิจกรรมการเรียนรู้ ระบุวิธีสอน กระบวนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เทคนิคการสอนที่หลากหลาย เมื่อจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครอบคลุมบรรลุวัตถุประสงค์ในการเรียนรู้ เมื่อเรียนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ผู้เรียนจะได้รับความรู้ ทักษะกระบวนการและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ครอบคลุมตามเป้าหมายการเรียนรู้ของตัวชี้วัด และมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยออกแบบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้เรียนต้องปฏิบัติในแต่ละรายชั่วโมงอย่างชัดเจน

5. สื่อ แหล่งการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ จะกำหนดสื่อการเรียนรู้ที่ใช้ประกอบการเรียนการสอนไว้อย่างชัดเจน มีใบความรู้ ใบงาน แบบฝึกทักษะการเรียนรู้เอกสารเพิ่มเติมสำหรับผู้สอนตามความเหมาะสมและบอกแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญที่จะช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้เป็นไปตามเป้าหมายที่กำหนด

6. การวัดและประเมินผล ทุกแผนการจัดการเรียนรู้ จะระบุรายละเอียดเกี่ยวกับเรื่อง การวัดและประเมินผล ทุกแผนการจัดการเรียนรู้จะระบุรายละเอียดเกี่ยวกับ เรื่องการวัดและประเมินผลคือหลักฐานการเรียนรู้ ร่องรอยการเรียนรู้วิธีการวัดและประเมินผล เครื่องมือในการวัดและประเมินผล

7. บันทึกผลการจัดการเรียนรู้ เป็นการบันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาวิธีการจัดการเรียนรู้ให้บรรลุเป้าหมาย

โดยการเขียนแผนการจัดการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้เขียนต้องวางแผนล่วงหน้าก่อนจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยศึกษาเนื้อหาที่จะเขียนให้ละเอียดและตามลำดับขั้นตอน แบ่งเนื้อหาและเวลาที่ใช้ให้มีความมีความสอดคล้องกัน ใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย

4. ลักษณะของกิจกรรมการเรียนรู้ที่ดี

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้พบว่า ลักษณะการเรียนรู้ที่ดี (สุนันทา สุนทรประเสริฐ, 2547, หน้า 3 ; เฉลิม พักอ่อน, 2552, หน้า 5) ดังนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้มีเป้าหมายที่เป็นรูปธรรมชัดเจน สำคัญ น่าสนใจ และมีความท้าทายผู้เรียน

2. เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติให้มากที่สุดมีการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นพบคำตอบ หรือทำสำเร็จได้ด้วยตนเอง

3. เป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปลี่ยนครูให้เป็นโค้ช ที่คอยกระตุ้นด้วยคำถามหรือปัญหา ให้ผู้เรียนสามารถคิดแก้ปัญหา หรือแนะแนวทางไปสู่ความสำเร็จ

4. เป็นกิจกรรมที่เน้นทักษะ กระบวนการ สอดคล้องกับสถานการณ์จริงในชีวิตประจำวัน และมีความหมายต่อผู้เรียน

5. ใช้หลายเทคนิคการสอน มีหลากหลายวิธีในการแบ่งกลุ่มเรียน และมีการมอบหมายงานหลายลักษณะให้ผู้เรียนทำ

6. จัดเวลาให้มีการสะท้อนความคิด

7. มีการดูแลสภาพแวดล้อมเพื่อป้องกันความเสี่ยงทั้งหลาย มีการดูแลความปลอดภัยระหว่างปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้

5. ขั้นตอนพัฒนา กิจกรรมการเรียนรู้

กรมวิชาการ (2545, หน้า 7) ได้เสนอขั้นตอนในการพัฒนา กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ไว้ 4 ขั้นตอนหลักดังนี้

1. ทำความเข้าใจกับหลักสูตร ทั้งหลักการ จุดมุ่งหมาย สาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ในหลักสูตรแกนกลาง และหลักสูตรสถานศึกษา เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนการสอน

2. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ สำหรับเนื้อหาวิชานั้น ๆ ในลักษณะจุดประสงค์ปลายทางที่ควรเกิดขึ้นกับนักเรียน เมื่อเรียนวิชานั้นจนครบถ้วนแล้ว

3. จัดทำโครงสร้างรายวิชาที่จะสอน โดยกำหนดส่วนประกอบสำคัญ คือ

3.1 หัวข้อย่อยๆ อาศัยเนื้อหาจากคำอธิบายรายวิชา และหนังสืออ้างอิงอื่น ๆ

3.2 กำหนดจำนวนเวลาที่ใช้ในการสอนแต่ละหัวข้อเรื่องย่อย โดยคำนวณจากเวลาเรียนที่มีจริงตลอดภาคเรียนตามกำหนดของหลักสูตร และกำหนดน้ำหนักของ ความสำคัญของเนื้อหาที่จะสอนในข้อเรื่อนั้น ๆ

3.3 กำหนดสาระสำคัญที่เน้นถึงความคิดรวบยอดหรือหลักการ หรือทักษะ หรือ ลักษณะที่ต้องการปลูกฝังให้เกิดกับนักเรียนในการเรียนแต่ละหัวเรื่อนั้น ๆ

3.4 จุดประสงค์การเรียนรู้ในลักษณะจุดประสงค์นำทางประกอบหัวเรื่อนย่อย ๆ แต่ละข้อ

4. สร้างกิจกรรมการเรียนรู้โดยหยิบหัวข้อเรื่อง จำนวนคาบ สาระสำคัญและจุดประสงค์การเรียนรู้มาทำแผนการสอน

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์ (2551, หน้า 121 - 122) ได้เสนอขั้นตอนการพัฒนา กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ไว้ 3 ขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์สาระการเรียนรู้ที่ต้องการจัดการเรียนรู้ จากจุดประสงค์ประจำวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง คำอธิบายรายวิชา โครงสร้างของหลักสูตรสถานศึกษา หน่วยการเรียนรู้ และแผนการเรียนรู้

2. ศึกษาแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ของกรมวิชาการ ดังนี้

2.1 ศึกษารายละเอียดสาระการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้ที่คาดหวังในแต่ละช่วงชั้น และระดับชั้น ว่ามีความสัมพันธ์กันหรือไม่

2.2 วิเคราะห์ความสอดคล้องระหว่างผลการเรียนรู้ที่คาดหวังกับจุดประสงค์การเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้ หากไม่สอดคล้องควรปรับปรุงแล้วนำไปเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ชัดเจนต่อไป

2.3 นำกิจกรรมในแนวทางการเรียนรู้มาพิจารณาประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป

3. เขียนกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ ซึ่งผู้สอนต้องวางแผนอย่างรอบคอบ โดยกำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กำหนดเนื้อหาให้เหมาะสมกับเวลา กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้จริง กำหนดสื่อการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ ควรจัดการเรียนรู้อย่างเป็นกระบวนการและใช้กระบวนการต่าง ๆ เช่น กระบวนการกลุ่ม กระบวนการแก้ปัญหา เพื่อให้ผู้เรียนเกิดทักษะ และสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

6. การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของของกิจกรรมการเรียนรู้

6.1 เกณฑ์และการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2537, หน้า 490 - 492) อธิบายถึงเกณฑ์และการกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของชุดการสอนไว้ดังนี้

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับประสิทธิภาพของชุดการสอนที่จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ เป็นระดับที่ผู้ผลิตชุดการสอนพึงพอใจ หากชุดการสอนมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ แสดงว่าชุดการสอนนั้นมีคุณค่าที่จะนำไปสอน และคุ้มค่ากับการลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก

ประสิทธิภาพของกิจกรรม ทำโดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งประเมินออกเป็น 2 ลักษณะ คือ ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) และประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (ผลลัพธ์) การประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องจะเป็นการกำหนดค่าของประสิทธิภาพ E_1 ซึ่งเป็นประสิทธิภาพของกระบวนการ และประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายจะกำหนดค่าเป็น E_2 คือประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่องเป็นการประเมินผล

พฤติกรรมย่อย หลายพฤติกรรมอย่างต่อเนื่อง เรียกว่า กระบวนการ (Process) ของผู้เรียน โดยสังเกตจากการปฏิบัติงานตามที่ได้รับมอบหมาย ตลอดจนทำกิจกรรมอื่น ๆ ที่ครูผู้สอนได้กำหนดไว้ ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้ายเป็นการประเมินผลลัพธ์ (Product) ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากผลการสอบหลังเรียน

ประสิทธิภาพของกิจกรรมจะพิจารณาจากเกณฑ์ที่ผู้พัฒนาคาดว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม โดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ของผลเฉลี่ยคะแนนการทำงานและการปฏิบัติกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อเปอร์เซ็นต์ผลการทดสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E_1/E_2 สรุปแล้วหมายถึง E_1 และ E_2 คือประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เมื่อหาประสิทธิภาพแล้วต่ำจากเกณฑ์ไม่เกิน 2.5% ก็ให้ยอมรับว่ากิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า -2.5 ให้ปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำจนกว่าจะถึงเกณฑ์ แล้วหยุดปรับปรุง

6.2 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

บุญชม ศรีสะอาด (2541, หน้า 95) ได้จำแนกวิธีทดสอบประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ไว้ 3 วิธี คือ

1. การหาประสิทธิภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้แบบประเมินผลให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาทั้งด้านคุณภาพ เนื้อหาสาระ และเทคนิคการจัดทำสื่ออื่น ๆ แบบประเมินอาจเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) หรือเป็นแบบเห็นด้วย ไม่เห็นด้วย สรุปผลเป็นความถี่ แล้วอาจทดสอบความแตกต่างระหว่างความถี่ด้วยการทดสอบไคสแควร์

2. การหาประสิทธิภาพโดยผู้เรียน โดยพิจารณาว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อะไร ได้บ้างเป็นการวัดเฉพาะผลที่จุดประสงค์ของการสอนโดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้นั้น ๆ อาจจำแนกได้เป็น 2 วิธี คือ

2.1 กำหนดเกณฑ์ขั้นต่ำไว้ เช่น เกณฑ์ 80/80 หรือ 90/90

2.2 ไม่ได้กำหนดเกณฑ์ล่วงหน้า แต่จะพิจารณาการเปรียบเทียบผลการสอบหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ หรือเปรียบเทียบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้วยกิจกรรมนั้นสูงกว่าหรือเท่ากับสื่อหรือเทคนิคการสอนอย่างอื่นหรือไม่ โดยใช้สถิติทดสอบที (t-test)

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, หน้า 7 - 20) ได้อธิบายขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของนวัตกรรมทางการศึกษาตามขั้นตอนต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้กับผู้เรียน 1 - 3 คน โดยเริ่มทดสอบ

กับเด็กอ่อนก่อน ทำการปรับปรุงแล้วนำไปทดสอบกับเด็กปานกลาง และเด็กเก่ง ระหว่างทดสอบ ประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียนและประเมินการเรียนรู้ จากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำและทดสอบหลังเรียนนำคะแนนมา คำนวณหาประสิทธิภาพ หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและ แบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น

ขั้นที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพ ที่ผู้สอน 1 คนทดสอบประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้กับผู้เรียน 6 - 10 คน (โดยให้มีผู้เรียนคละกัน ทั้งเด็กเก่ง ปานกลาง เด็กอ่อน) ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาการปฏิบัติกิจกรรม แต่ละกลุ่มใช้เวลาเท่าไร ทั้งนี้เพื่อให้ทุกกลุ่มกิจกรรมใช้เวลาใกล้เคียงกันในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน และหลังจากทดสอบประสิทธิภาพให้ประเมินการเรียนรู้ จากกระบวนการ คือกิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำ แล้วประเมินผลลัพธ์ คือ การทดสอบ หลังเรียนและงานสุดท้ายที่มอบให้นักเรียนทำ นำคะแนนมาคำนวณหาประสิทธิภาพ แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้หากไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น คำนวณหาประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง

ขั้นที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบ ประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คนทดสอบประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้กับผู้เรียนทั้งชั้น โดยสัดส่วน ที่ถูกต้องในการกำหนดจำนวนผู้เรียนที่มีระดับความสามารถแตกต่างกัน ควรยึดจำนวนจาก การแจกแจงปกติ ที่จำแนกนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม คือ นักเรียนเก่งมาก ร้อยละ 1.37 นักเรียนเก่ง ร้อยละ 14.63 นักเรียนปานกลาง ร้อยละ 68 นักเรียนอ่อน ร้อยละ 14.63 และนักเรียนอ่อนมาก ร้อยละ 1.37 ระหว่างทดสอบประสิทธิภาพให้จับเวลาในการประกอบกิจกรรม สังเกตพฤติกรรม ของผู้เรียน หลังจากทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามแล้วให้ประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ คือ กิจกรรมหรือภารกิจและงานที่มอบให้ทำ และทดสอบหลังเรียน นำคะแนนมาคำนวณ หาประสิทธิภาพ เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดไว้ พบว่า ไม่ถึงเกณฑ์ต้องปรับปรุงเนื้อหาสาระ กิจกรรมระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนให้ดีขึ้น แล้วทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำ กับนักเรียนต่างกลุ่ม อาจทดสอบประสิทธิภาพ 2 - 3 ครั้ง จนได้ค่าประสิทธิภาพถึงเกณฑ์ขั้นต่ำ ด้วยเหตุนี้ขั้นทดสอบประสิทธิภาพ ภาคสนามจึงแทนด้วย 1:100 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ ประสิทธิภาพภาคสนามควรใกล้เคียงกัน

ตอนที่ 6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทั้ง 3 ด้าน ได้แก่ ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ ดังนี้

พิชญ์ ตีมี (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาแนวทางการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้เรียน ตามแนวคิดการประเมินผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 โดยใช้รูปแบบการวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ที่มีการผสมวิธีทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ตัวแปรที่ใช้ คือ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของผู้เรียนจากกรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 โดยภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ การสร้างสรรค์และนวัตกรรม การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา การสื่อสารและการร่วมมือ กลุ่มตัวอย่างในการทดลองใช้แนวทางการประเมิน ได้แก่ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 41 คน ครูจำนวน 3 คน โดยใช้เทคนิคการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) ตามวงจร PAOR จำนวน 2 วงรอบ ผลการวิจัยพบว่าเมื่อทดลองใช้แนวทางประเมินในภาพรวม นักเรียนมีระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในระดับดีมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 65.88 และระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 34.16

ปิยวรรณ ทศกาญจน์ (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงานสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์ แบบวัดความรู้ความเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์ แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา แบบประเมินพัฒนาการทักษะการแก้ปัญหา แบบวัดทักษะความคิดสร้างสรรค์ แบบประเมินการออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน แบบวัดทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ และแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์ ผลการวิจัยพบว่า (1) ความรู้ความเข้าใจวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2) ทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงานของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้านพยากรณ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยพิจารณา 3 ด้านคือ ทักษะการแก้ปัญหา ทักษะความคิดสร้างสรรค์และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน และทักษะการสื่อสารและความร่วมมือหลังการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้าน

พยากรณ์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (3) ความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ที่อยู่ในระดับมาก และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อินดาวิช รัชเวทย์, รัฐิณีปกรณ์ สมแก้ว และปภาวี อุปธิ (2560) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) ชุดการเรียนการสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ประกอบไปด้วยแผนการสอนทั้งหมด 8 แผน ใช้เวลาทั้งหมด 10 ชั่วโมง (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง การแยกสาร เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือกมีทั้งหมด 35 ข้อ (3) แบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert Scale) ผลการวิจัยพบว่า (1) ชุดการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ เท่ากับ 77/76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 75/75 (2) นักเรียนมีการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนด้วยคะแนนร้อยละ 2 ที่ระดับนัยสำคัญ .05 (3) นักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมโดยประเมินพฤติกรรม 3 ด้าน ดังนี้ 1) การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา 2) การสื่อสารและการมีส่วนร่วม 3) ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมโดยเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.62 ซึ่งอยู่ในระดับมาก

สุดเฉลิม ศัสตราพฤกษ์ (2560) ได้ศึกษาการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 แบบห้องเรียนกลับด้านเพื่อการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถาม ผลการศึกษาพบว่า ระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 แบบห้องเรียนกลับด้าน อยู่ในระดับมาก คือ ด้านการร่วมมือและในส่วนของปัจจัยที่มีผลต่อระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม คือ ปัจจัยการเตรียมความพร้อม มีความสัมพันธ์และมีอิทธิพลทางบวก สำหรับปัญหา อุปสรรคการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 แบบห้องเรียนกลับด้าน พบว่า การศึกษาด้วยตนเองทำให้ได้รับความรู้ที่ไม่เพียงพอต่อการศึกษา ในส่วนของข้อเสนอแนะ พบว่า ควรมีการส่งเสริมความพร้อมในด้านเทคโนโลยีและแหล่งการเรียนรู้

จิราภร คุ่มมณี และปณิตา วรรณพิรุณ (2561) ได้ศึกษาการเรียนรู้แบบสะเต็มเกมมิฟิเคชันเพื่อเสริมสร้างทักษะด้านนวัตกรรมสร้างสรรค์ของนวัตกรอาชีพศึกษา โดยออกแบบรูปแบบการเรียนการสอนเพื่อเสริมทักษะในการสร้างนวัตกรรมสร้างสรรค์ของผู้เรียนอาชีพศึกษา ตามแนวคิดของสะเต็มศึกษาในการบูรณาการองค์ความรู้ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะและคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันและหลักคิดในการจัดรูปแบบการเรียนรู้แบบเกมมิฟิเคชันที่มีกลไกในการขับเคลื่อนการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นส่งเสริมการมีส่วนร่วมของผู้เรียน

สร้างบรรยากาศการเรียนรู้ที่สนุกสนาน เหมาะสมตามวัยและคุณลักษณะของผู้เรียนอาชีวศึกษาที่มีความถนัดทางด้านทักษะปฏิบัติ ทั้งนี้ภายใต้กรอบแนวคิดของการพัฒนาผู้เรียนให้มีทักษะความคิดสร้างสรรค์ มีความคิดคล่องแคล่ว ละเอียดลออ รอบคอบ ปลูกฝังและกระตุ้นให้ผู้เรียนฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์อันเป็นจุดกำเนิดของนวัตกรรม เปิดประสบการณ์ของผู้เรียนให้มีโอกาสคิด วางแผน สร้างและทดสอบผลงานนวัตกรรมที่เกิดจากการคิดค้นและสามารถนำเสนอผลงานได้อย่างสร้างสรรค์ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้การกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดทักษะความคิดสร้างสรรค์อันเป็นจุดเริ่มต้นของทักษะการสร้างนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการแก้ไขปัญหาหรือการประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ ส่งเสริมการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ มีองค์ความรู้ทั้งด้านวิชาการ ทักษะปฏิบัติและทัศนคติอันดี สามารถนำความรู้เดิมเชื่อมโยงเข้ากับความรู้ใหม่ โดยเฉพาะการบูรณาการศาสตร์ด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์บูรณาการเข้ากันกับศิลปะได้อย่างคล่องแคล่ว เป็นนักคิด นักปฏิบัติ ชอบค้นคว้าทดลองสิ่งใหม่ มีทัศนคติที่ดีต่อตนเองและผู้อื่น ใฝ่ต่อปัญหา พฤติกรรมของบุคคลและสถานการณ์รอบๆ ตัว สามารถนำมาสร้างเป็นโอกาสในการพัฒนา แก้ไขปัญหาโดยใช้ทักษะความสามารถในการคิดค้นนวัตกรรมสร้างสรรค์

ธีรังกูร วรบำรุงกุล พรสวรรค์ ศิริศาสนันท์ เริงวิชญ์ นิลโคตร และสมปอง มุลมณี (2562) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของโรงเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นการวิจัยเชิงคุณภาพโดยการศึกษาเอกสารและงานวิจัย การสัมภาษณ์ และการจัดสนทนากลุ่มผู้ให้ข้อมูลหลักแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ด้วยการวิเคราะห์เนื้อหาจำแนกประเภทของข้อมูลแล้วสังเคราะห์สรุปผลภาพรวม ผลการวิจัยพบว่า สภาพการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของโรงเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีเป้าหมายตามมาตรฐานการจัดการศึกษาขั้นพื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางและมีการแทรกการพัฒนาทักษะของผู้เรียนตามเนื้อหา แต่ละเนื้อหามีกิจกรรมและวิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเป็นส่วน ๆ รวมถึงการจัดการเรียนรู้มีปัจจัยเกื้อหนุนอย่างน้อย 3 ประการ คือ ปัจจัยด้านการบริหาร ปัจจัยด้านการจัดการเรียนรู้และปัจจัยด้านสภาพแวดล้อมที่เอื้อต่อการเรียนรู้ และรูปแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และทำให้ได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับสภาพและบริบทของสถานศึกษาแต่ละแห่ง มีความเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของโรงเรียนในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยผู้วิจัยได้ข้อเสนอแนะจากการวิจัย คือ

สถานศึกษาทุกแห่งทั่วประเทศควรมีการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการที่ครอบคลุมทั้ง 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ เพื่อใช้เป็นนวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับบริบท ความเหมาะสม ความพร้อม เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

ฐิตยา เนตรวงษ์ (2559) ได้ศึกษาการพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยสวนดุสิตตอนเรียน A1 จำนวน 33 คนซึ่งลงทะเบียนเรียนวิชาการจัดการสารสนเทศเชิงกลยุทธ์ปีการศึกษา 2559 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบวัดทักษะการแก้ปัญหา และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า (1) ทักษะการแก้ปัญหากลุ่มตัวอย่างทุกคนมีพัฒนาการทักษะการแก้ปัญหาโดยภาพรวมสูงขึ้น และทักษะการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันโดยทักษะการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการแก้ปัญหา พบว่า ผู้เรียนทุกคนมีพัฒนาการทางการเรียนในการแก้ปัญหาสูงขึ้นร้อยละ 17.92 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนมีความแตกต่างกันโดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียน (3) ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการแก้ปัญหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของเพียร์สัน พบว่าภาพรวมทักษะการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กันทิศทางบวกในระดับปานกลาง ($r = 0.41$) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

นุรอาซีกัน สาและคณะ (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้ โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 11.10 และหลังการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 21.71 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนพัฒนาการร้อยละ 47.62 อยู่ในระดับสูง นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้สูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้โดยก่อนการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.67 หลังการจัดการเรียนรู้ค่าเฉลี่ย 33.24 นักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังการจัดการเรียนรู้ในระดับดี และนักเรียนมีระดับความสามารถในการคิดวิเคราะห์หลังการจัดการเรียนรู้ในระดับค่อนข้างดี และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมาก

สิริชญา พิมพ์ลา (2561) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3) แบบประเมินทักษะความคิดสร้างสรรค์ รายวิชาคอมพิวเตอร์ และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์ ออนไลน์ ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีประสิทธิภาพ 81.75/80.50 2) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมีทักษะความคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดี 4) นักเรียน มีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

พิเชษฐ ศรีสังข์งาม, พินิจ ขำวงษ์ และจรรยา ดาสา (2561) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นผลานการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เครื่องมือวิจัย คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ สำหรับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การวัดวันพ้อ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่อง กฎของโอห์มและแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ของขวัญวันวาเลนไทน์ที่เป็นการจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น 2) อนุทินของนักเรียน และ 3) แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของกลุ่มที่ศึกษาหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E2DO สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุวิชญา คงสุข, บุญเลี้ยง ทุมทอง และ พิภูล ประดับศรี (2561) ได้พัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและพฤติกรรมใฝ่เรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกาบเชิงวิทยา โดยเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัยประกอบด้วย (1) กิจกรรมสะเต็มศึกษาจำนวน 5 กิจกรรม แบบทดสอบความสามารถในการแก้ปัญหาจำนวน 40 ข้อ และแบบประเมินพฤติกรรมใฝ่เรียนรู้แยกเป็น 2 ฉบับได้ แก่ ฉบับที่ผู้สอนเป็นผู้ประเมินและฉบับที่นักเรียนประเมินตนเอง ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมสะเต็มศึกษาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และพฤติกรรมใฝ่เรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 หลังการจัดการเรียนรู้โดยภาพรวมอยู่ในระดับดี

สุขฤทัย ช้างเพชร (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมในระดับมาก เมื่อนำไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเทศบาลน้ำพองบุรีพัฒนา ปีการศึกษา 2561 จำนวน 25 คน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน แบบประเมินทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน และแบบประเมินชิ้นงาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน พบว่าผลการทดสอบหลังเรียนสูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 2) ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารของนักเรียนสูงกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของระดับคืออย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) นักเรียนมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก 4) ผลการประเมินชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีคะแนนเฉลี่ยผ่านเกณฑ์ โดยรวมอยู่ในระดับดี

พีรตลย์ อ่อนสี (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ใช้การวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 6 แผน 12 ชั่วโมง แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องงานพลังงาน จำนวน 40 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า 1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถที่จะพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณของผู้เรียนได้ 2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีแนวโน้มในการเกิดการพัฒนาของผลสัมฤทธิ์ในวิชาฟิสิกส์ที่เพิ่มขึ้นค่อนข้างชัดเจน

รพีพล อินสุพรรณ (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ใช้การวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า (1) เมื่อนักเรียนฝึกคิดอย่างหลากหลายและครูไม่จำกัดขอบเขตการคิดและส่งเสริมการคิดของนักเรียนอยู่เสมอ นักเรียนจะมีความสามารถ

ในการพัฒนาการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่อง เพราะเมื่อวิเคราะห์ถึงกิจกรรมการเรียนการสอนที่ครูจัด เป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนสืบค้น วิเคราะห์ข้อมูล จนนำไปสู่การสร้างนวัตกรรมจากการเรียนรู้ จากกิจกรรมการเรียนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนคิดได้อย่างหลากหลายส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพราะในการจัดกิจกรรมการเรียนมีการบูรณาการแนวทางสะเต็มศึกษาเข้าไปในกิจกรรมการเรียนรู้ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (2) นักเรียนมีพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

สุนิสา บางวิเศษ (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยใช้การวิจัยปฏิบัติการ (Action Research) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย (1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาและแผนการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ รูปแบบละ 6 แผน แผนละ 1 ชั่วโมง (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เรื่อง วัสดุในชีวิตประจำวัน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบปรนัยชนิด เลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ (3) แบบทดสอบการคิดวิเคราะห์แบบปรนัย ชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ และ (4) แบบสังเกตพฤติกรรมของการคิดวิเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาทำให้ผู้เรียนมีพัฒนาการทางด้านการคิดวิเคราะห์ที่ดีขึ้นโดยมีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 76.67

ญาติมา โสภานิช (2562) ได้ศึกษาการพัฒนาวิธีการประเมินทักษะการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ใช้วิธีการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน และกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียน จำนวน 30 คน โดยวิธีการเลือกแบบเจาะจงเลือก ผลการวิจัยสรุปได้ว่า วิธีประเมินทักษะการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ประกอบไปด้วย 3 วิธีประเมิน คือ การทดสอบ การสังเกต และการบันทึก วิธีการทดสอบใช้เครื่องมือ 2 ชนิด คือ แบบทดสอบอัตนัยและแบบทดสอบปรนัยชนิดกำหนดสถานการณ์ วิธีการสังเกต คือแบบสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน วิธีการบันทึกใช้เครื่องมือ 2 ชนิด คือ เกณฑ์การให้คะแนนแบบบันทึกการทดลอง และเกณฑ์การให้คะแนนแบบบันทึกการศึกษา/ค้นคว้า

ปาไลดา สุขสำราญ และวาริรัตน์ แก้วอุไร (2562) ได้ศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า รูปแบบการจัดการเรียนรู้มีค่าดัชนีประสิทธิผลมีค่าเท่ากับ 0.62113 และเมื่อทดลองใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้ พบว่า (1) นักเรียน

มีจิตวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2) นักเรียนมีทักษะการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (3) นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (4) ครูและนักเรียนมีความคิดเห็นว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงออกทางความคิดและการปฏิบัติ นักเรียนเรียนรู้อย่างกระตือรือร้นและมีความสุขเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ยึดผู้เรียนเป็นสำคัญส่งผลให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์และก่อให้เกิดนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ใหม่

นิภาพร ช่วยธานี, ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์ และพินิจ ขำวงษ์ (2562) ได้ศึกษาการส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาระดับปริญญาตรีโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามขั้นตอนของรูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่บูรณาการการสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A) จำนวน 4 แผนใช้เวลา 20 ชั่วโมง (2) แบบวัดทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มเป็นข้อสอบชนิดคำถามปลายเปิด ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียนนักศึกษามีทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มโดยภาพรวมในแต่ละตัวชี้วัดสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (2) ความก้าวหน้าด้านทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาโดยภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง Normalized Gain <g>เท่ากับ 0.412

น้ำเพชร นาสารีย์, อ้อมตะวัน แสงจักรวาล และชนิษฐา รุ่งวิทย์ทัญญู (2562) ได้ศึกษาความสามารถในการทำโครงงานสะเต็มศึกษา กระบวนการกลุ่ม ทักษะการนำเสนอโครงงานและคุณภาพของโครงงาน ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการประเมินเพื่อการเรียนรู้ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องความเป็นเลิศทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยรามคำแหง ทั้งนี้กลุ่มเป้าหมายมีจำนวน 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบประเมินความสามารถในการทำโครงงานสะเต็มศึกษา แบบประเมินทักษะการนำเสนอโครงงาน แบบประเมินกระบวนการกลุ่ม และแบบประเมินคุณภาพของโครงงาน โดยคณะผู้วิจัยทำการประเมินนักเรียนด้วยวิธีการให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) 3 ทาง ดังนี้ การประเมินผลโดยเพื่อน (Peer Assessment) การประเมินผลโดยตัวผู้เรียน (Self - Assessment) และการประเมินผลโดยครูผู้สอน (Teacher Assessment) ผลการวิจัยพบว่า (1) ความสามารถในการทำโครงงานแบบสะเต็มและคุณภาพของโครงงานของนักเรียนในระดับดีมาก (2) กระบวนการกลุ่มของนักเรียน ระดับปานกลางถึงดีมาก (3) ทักษะในการนำเสนอโครงงานของนักเรียนอยู่ในระดับพอใช้ถึงดีมาก

ปราณี นันทะแสน (2562) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาเรื่องการจำแนกสารชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 7 แผนเวลา 14 ชั่วโมง (2) แบบสำรวจการเรียนรู้ของผู้เรียนจำนวน 60 ข้อ (3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เรื่องการจำแนกสารชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ (4) แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกจำนวน 30 ข้อ (5) แบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับจำนวน 20 ข้อ ผลการวิจัยพบว่า 1.นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2.นักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกันแต่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แบบนักไตร่ตรอง มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่าแบบการเรียนรู้อื่น ๆ

Scott, C. (2012) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของโรงเรียนมัธยมภูมิภาคต่าง ๆ ทั่วสหรัฐอเมริกาจำนวน 10 แห่ง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ดีกว่านักเรียนระดับเดียวกันที่ไม่ได้เข้าร่วมเรียนแบบสะเต็มศึกษา นอกจากนี้เมื่อสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน พบว่า หากได้รับโอกาส สนับสนุน และส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ ผ่านการฝึกแก้ปัญหาหรือรับผิดชอบทำโครงการ นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหานั้นได้ ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และนอกจากนี้ยังทำให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้

Diana, L. R. (2012) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน กับนักเรียนเกรด 3 - 8 ผ่านโครงงานเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ โดยการศึกษาเริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความพื้นฐาน ให้จินตนาการศึกษาค้นคว้า สำรวจตรวจสอบ สร้างสรรค์ออกแบบโมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนความคิดการออกแบบของตัวเองให้เพื่อน ๆ ได้รู้จัก ผลการศึกษาพบว่าจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็ม

ศึกษานั้นนักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ที่ตนเองได้รับสู่ทักษะการแก้ปัญหาที่เผชิญหน้า และเกิดขึ้นในชีวิตจริง และนอกจากนี้ยังสามารถประยุกต์ใช้ทักษะการแก้ปัญหาใหม่ ๆ ได้

Sahin, A., Ayar, M. และ Adiguzel, T. (2014) ได้ศึกษาผลของกิจกรรมสะเต็มศึกษาต่อการจัดหลักสูตรสำหรับเด็กหลังเลิกเรียนและศึกษาผลที่เกิดขึ้นกับการเรียนรู้ของนักเรียน โดยทำการศึกษากับนักเรียนในเขตตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงคุณภาพเพื่อทำความเข้าใจมุมมองของนักเรียนและความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรมสะเต็มศึกษา และวิถีการเรียนรู้ของนักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมการเก็บรวบรวมข้อมูลประกอบด้วยการสังเกตอย่างเป็นทางการการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างและการจัดบันทึกข้อมูลจากงานวิจัยแสดงให้เห็นว่ากิจกรรมสะเต็มศึกษามีศักยภาพในการส่งเสริมการเรียนรู้การทำงานร่วมกันและการสืบเสาะหาความรู้ตลอดจนนำไปสู่การพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21

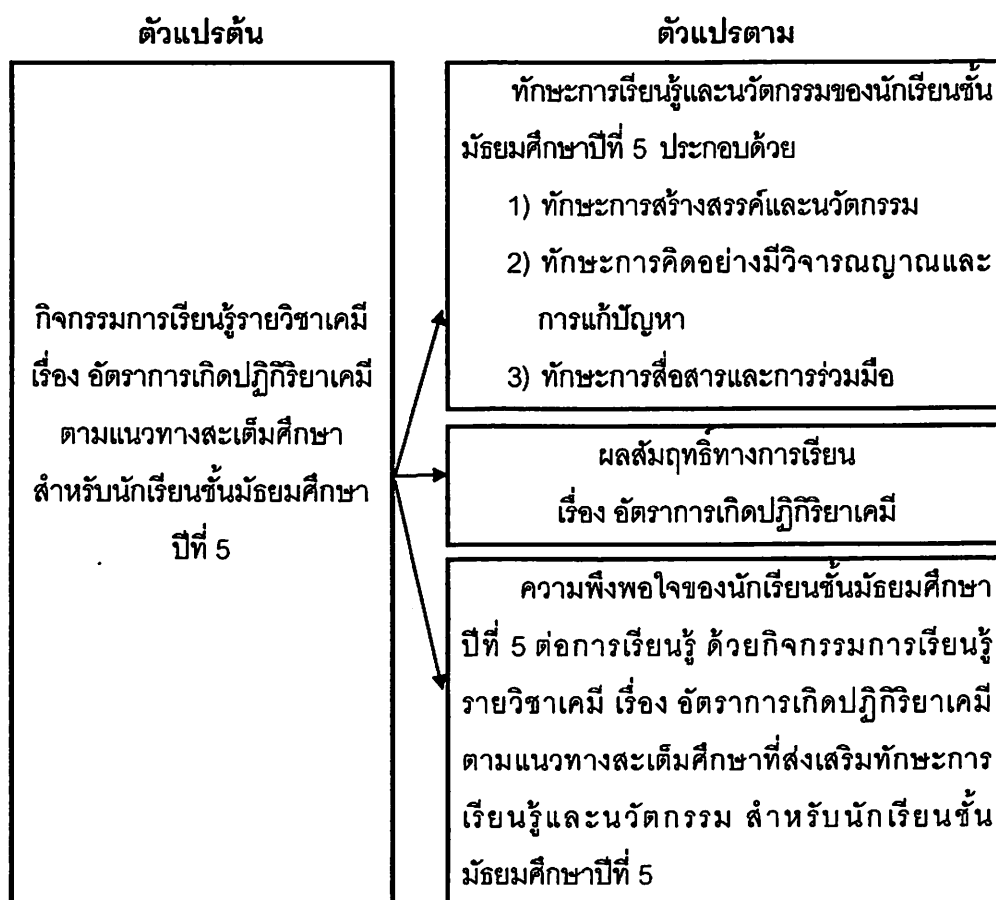
Burrows, A., Breiner, J., Keiner, J. และ Behm, C. (2014) ได้ศึกษาการบูรณาการระหว่าง 2 รายวิชา คือ ชีววิทยาและเคมี ในหัวข้อเรื่อง การผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซลสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) โดยบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษาแบบสหวิทยาการ กล่าวคือ ครูจากสองวิชาได้ร่วมกันดำเนินการสร้างบทเรียนไบโอดีเซล โดยบูรณาการในวิชาชีววิทยา (เน้นไปที่ชีวเคมีสำหรับราย) และวิชาเคมี (เน้นไปที่ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอริฟิเคชัน (Trans esterification) และทำการวัดทักษะและเจตคติต่อวิชา STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์) จากการวิจัยพบว่านักเรียนมีทักษะในวิชา STEM และเจตคติที่ดีขึ้น โดยพิจารณาจากผลงานของนักเรียนในกิจกรรมการผลิตเชื้อเพลิงไบโอดีเซล การตอบคำถามของนักเรียนในห้องเรียน และแบบบันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนนั้นสามารถทำได้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่บูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการเชื่อมโยงและการแก้ปัญหาในชีวิตจริง

ตอนที่ 7 กรอบแนวคิดการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาซึ่งเป็นการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปแก้ปัญหาในชีวิตจริงและการประกอบอาชีพในอนาคตผ่านกิจกรรมที่มุ่งแก้ไขปัญหที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมทักษะจำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21 โดยเฉพาะทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมจะมีความพร้อมในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้ที่ซับซ้อน และทักษะกระบวนการต่าง ๆ ได้ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2553, หน้า 3)

ดังนั้นการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยตามกรอบแนวคิด ดังภาพ 4



ภาพ 8 กรอบแนวคิดการวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นี้ โดยแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ขั้นตอนที่ 1 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แหล่งข้อมูล

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 37 คน

2. ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี จำนวน 2 ท่าน คือ

2.1.1 นางอัญญา แก้วพินิจ ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก

2.1.2 นายพงฤทธิ์ เทพคุณ ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก

2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 1 ท่าน คือ ดร.ศรัวย กัณฑ์ไรสง ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนหนองบัวแดงวิทยา จังหวัดชัยภูมิ

2.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก

2.4 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 1 ท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชานาญ ปาณาวงษ์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์ จังหวัดพิษณุโลก

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มี 2 เครื่องมือ คือ 1. กิจกรรมกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ 2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 สำหรับขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในขั้นตอนที่ 1 มีดังนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

สำหรับการออกแบบ สร้าง และตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการ 4 ขั้นตอน ดังนี้ (รัตนะ บัวสนธ์, 2552, หน้า 40) มีดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาสภาพและปัญหาการจัดการเรียนรู้ในปัจจุบัน

1. ศึกษาหลักสูตร จุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระและมาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา และขอบข่ายของเนื้อหาหลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อกำหนดเนื้อหาที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการจัดการเรียนรู้

2. ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับแนวคิด ทฤษฎี องค์ประกอบ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนการสอนในรูปแบบต่าง ๆ ที่ส่งเสริมทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (21st Century Skills) และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

3. ศึกษาสภาพปัญหาทั่วไปของการศึกษาไทยรายวิชาวิทยาศาสตร์จากผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ผลการประเมินของ PISA และจากโครงการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไทยเทียบกับนานาชาติ

(Trends in International Mathematics and Science Study; TIMSS) ว่ามีปัญหาใดที่เป็นจุดด้อยในเรื่องการศึกษาของประเทศไทยที่ควรได้รับการแก้ไขและพัฒนา

4. ศึกษาการจัดการเรียนรู้ในรายวิชา เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5. ศึกษาบริบทของสังคมโลกในปัจจุบันและแนวโน้มในอนาคตว่า สังคมในอนาคตควรเป็นรูปแบบใด เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้สามารถนำความรู้ไปปรับใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงานของโลกในอนาคต

ขั้นที่ 2 ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้

การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ศึกษาเอกสารหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเคมี ของระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. วิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษา สาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด ผลการเรียนรู้ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระเคมี และเอกสารประกอบหลักสูตรสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 - 6

3. ศึกษาเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา และตัวบ่งชี้ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

4. กำหนดกรอบโครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในสาระเคมี ข้อ 2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ผลการเรียนรู้ ม.5/4 – ม.5/6 ตามตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) บูรณาการร่วมกับวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) และวิศวกรรม

5. ดำเนินการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริงรวมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิต รวมทั้งพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ผ่านประสบการณ์ในการทำกิจกรรมตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification)

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search)

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design)

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development)

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา (Testing, Evaluation and Design Improvement)

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหา (Presentation)

ทั้งนี้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และผลการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) รวมทั้งให้นักเรียนได้เกิดการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้และนวัตกรรม รายละเอียดโครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้ดังตาราง 10

ตาราง 10 โครงสร้างกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน (Task)	วิธีการ การวัดและ ประเมินผล	เครื่องมือการการวัด และประเมินผล	สิ่งที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน																	
				ด้านความรู้ สาระเคมี ข้อ 2.			ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม														
				ม.5/4	ม.5/5	ม.5/6	ตัวชี้วัด 1.1	ตัวชี้วัด 1.2	ตัวชี้วัด 1.3	ตัวชี้วัด 1.4	ตัวชี้วัด 2.1	ตัวชี้วัด 2.2	ตัวชี้วัด 2.3	ตัวชี้วัด 2.4	ตัวชี้วัด 2.5	ตัวชี้วัด 2.6	ตัวชี้วัด 3.1	ตัวชี้วัด 3.2	ตัวชี้วัด 3.3	ตัวชี้วัด 3.4	ตัวชี้วัด 3.5
ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา	ปฏิบัติตาม กิจกรรมที่ 1	ตรวจ แบบบันทึก กิจกรรมใน กิจกรรมที่ 1	<ul style="list-style-type: none"> เกณฑ์การประเมินคุณภาพความคล่องในการคิด เกณฑ์การประเมินคุณภาพการระบุประเด็นปัญหาและทำความเข้าใจปัญหา เกณฑ์การประเมินคุณภาพความสามารถสืบสารจากผู้อื่น	✓	✓	✓	✓	.	.	.	.	✓	.	.	.	.	✓	.	.	.	.

ตาราง 10 (ต่อ)

กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน (Task)	วิธีการการวัดและประเมินผล	เครื่องมือการการวัดและประเมินผล	สิ่งที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน																
				ด้านความรู้			ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม													
				สาระเคมี ข้อ 2.			ตัวชี้วัด 1.1	ตัวชี้วัด 1.2	ตัวชี้วัด 1.3	ตัวชี้วัด 1.4	ตัวชี้วัด 2.1	ตัวชี้วัด 2.2	ตัวชี้วัด 2.3	ตัวชี้วัด 2.4	ตัวชี้วัด 2.5	ตัวชี้วัด 2.6	ตัวชี้วัด 3.1	ตัวชี้วัด 3.2	ตัวชี้วัด 3.3	ตัวชี้วัด 3.4	ตัวชี้วัด 3.5
ม.5/4	ม.5/5	ม.5/6																		
ชั้นที่ 5 ทดสอบประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา	ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ 4 (ตอนที่ 2)	• ตรวจสอบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 4 ตอนที่ 2	• เกณฑ์การประเมินคุณภาพการตัดสินใจลงข้อสรุปการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-
ชั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหา	ปฏิบัติตามกิจกรรมที่ 5	• ตรวจสอบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 5 • สังเกตการนำเสนองาน	• เกณฑ์การประเมินคุณภาพการสร้างผลงานแปลกใหม่ • เกณฑ์การประเมินคุณภาพการสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหา • แบบสังเกตการนำเสนอ	✓	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-

ขั้นที่ 3 สร้างกิจกรรมการเรียนรู้

1. ดำเนินการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามโครงสร้างการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมนักทำความสะอาดมือโปร กิจกรรมมิตรภาพแห่งเพื่อน และกิจกรรมลูกโป่งสวรรค์ และจัดทำแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 3 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้

2. นำแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำในส่วนที่บกพร่องและปรับปรุงแก้ไขให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ก่อนนำไปประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 4 ประเมินและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้

การประเมินและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

1. ประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้

1.1 นำแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาจำนวน 3 แผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้พร้อมแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert) เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

1.2 ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญและนำผลการประเมินความเหมาะสมที่มีต่อแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ มาคำนวณค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้วแปรผลการประเมินโดยใช้เกณฑ์ของ บุญชม ศรีสะอาด (2545, หน้า 103)

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51 – 5.00	มีความเหมาะสมระดับมากที่สุด
3.51 – 4.50	มีความเหมาะสมระดับมาก
2.51 – 3.50	มีความเหมาะสมระดับปานกลาง
1.51 – 2.50	มีความเหมาะสมระดับพอใช้
1.00 – 1.50	มีความเหมาะสมระดับปรับปรุง

โดยกำหนดเกณฑ์ที่มีค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไป และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าน้อยกว่า 1.00 ซึ่งพบว่ากิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56, S.D. = 0.56$)

2. ประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

ผู้วิจัยนำกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

2.1 ประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) โดยคัดเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 3 คน จากนักเรียนกลุ่มนักเรียนเก่ง (เกรด 3.5 – 4.0) ปานกลาง (เกรด 2.0 - 3.0) และนักเรียนอ่อน (เกรด 0.0 – 1.5) อย่างละ 1 คน โดยใช้ระดับผลการเรียนรายวิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2562 เป็นเกณฑ์ ทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างปฏิบัติกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเวลา และกิจกรรมการเรียนรู้ด้านภาษา เนื้อหา และสื่อการเรียนรู้ของกิจกรรมจากนั้นนำข้อบกพร่องที่พบมาปรับปรุงแก้ไข

2.2 ประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมแบบกลุ่มเล็ก (1:3) โดยคัดเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 9 คน จากนักเรียนกลุ่มนักเรียนเก่ง (เกรด 3.5 – 4.0) ปานกลาง (เกรด 2.0 - 3.0) และนักเรียนอ่อน (เกรด 0.0 – 1.5) อย่างละ 3 คน โดยใช้ระดับผลการเรียนรายวิชาเคมี ภาคเรียนที่ 1 ของปีการศึกษา 2562 เป็นเกณฑ์ ทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มเก่ง จำนวน 2 คน กลุ่มปานกลาง จำนวน 1 คน และนักเรียนกลุ่มอ่อนจำนวน 2 คน รวม 5 คน

กลุ่มที่ 2 ประกอบด้วย นักเรียนกลุ่มเก่ง จำนวน 1 คน กลุ่มปานกลาง จำนวน 2 คน และนักเรียนกลุ่มอ่อนจำนวน 1 คน รวม 4 คน

ขณะนักเรียนดำเนินกิจกรรมผู้วิจัยจับเวลาและสังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างการปฏิบัติกิจกรรม เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเวลา และประเมินทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมจากกระบวนการและผลลัพธ์ของกิจกรรม จากนั้นนำผลการประเมินมาวิเคราะห์

ประสิทธิภาพ E_1 / E_2 และนำข้อบกพร่องที่พบมาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปทดลองใช้แบบภาคสนาม

2.3 ประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมแบบภาคสนาม โดยทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน ผู้วิจัยจับเวลาและสังเกตพฤติกรรมนักเรียนระหว่างปฏิบัติกิจกรรม ประเมินทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมจากกระบวนการ และผลลัพธ์ของกิจกรรมนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพ E_1 / E_2 แล้วเปรียบเทียบกับเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

3. ปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ โดยนำข้อบกพร่องที่พบจากการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมแบบภาคสนามมาปรับปรุงแก้ไข แล้วจัดทำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้ในการทดลองจริงต่อไป

2. แบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.1 กำหนดจุดประสงค์ของการประเมิน คือ เพื่อประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบของแบบประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบประเมินและกำหนดรูปแบบของการประเมิน

2.3 สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับตามวิธีของลิเคิร์ท ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 103)

ระดับ	ความหมาย
5	มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุด
4	มีความเหมาะสมในระดับมาก
3	มีความเหมาะสมในระดับปานกลาง
2	มีความเหมาะสมในระดับน้อย
1	มีความเหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

สำหรับประเด็นการประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ คือ ประเมินรายละเอียดต่าง ๆ ในแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยในแต่ละแผนการใช้กิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระสำคัญ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและแหล่งเรียนรู้ และเวลา ส่วนที่ 2 เป็นแบบปลายเปิด ซึ่งเป็นส่วนที่ให้ผู้เชี่ยวชาญให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมซึ่งอยู่ส่วนท้ายของแบบประเมิน

2.4 นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาความครอบคลุมของประเด็นในการประเมินและความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ เพื่อให้ข้อเสนอแนะปรับปรุงแก้ไข

2.5 นำแบบประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมและแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มาแก้ไขปรับปรุงเป็นแบบประเมินฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินและให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยดำเนินการมีรายละเอียด ดังนี้

แหล่งข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนขนาดกลาง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 จำนวน 13 โรงเรียน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียนรวม 29 คน ได้จากการสุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

2. ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ดังนี้

2.1 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี จำนวน 2 ท่าน คือ

2.1.1 นางอนัญญา แก้วพินิจ ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก

2.1.2 นายพงฤทธิ์ เทพคุณ ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียน
พิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก

2.2 ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน
1 ท่าน คือ ดร.ศรีวิทย์ กัณหาไธสง ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนหนองบัวแดงวิทยา
จังหวัดชัยภูมิ

2.3 ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา จำนวน 1 ท่าน คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ดร. สกนธ์ชัย ชะนูนันท์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

2.4 ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา จำนวน 2 ท่าน คือ

2.4.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชำนาญ ปาณาวงษ์ ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

2.4.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษฎากาญจน์ โตพิทักษ์ ภาควิชาการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา
เคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 5 มีดังนี้

1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
จำนวน 3 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ การดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพตามขั้นตอนที่ 1

1.2 แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 3 ฉบับ คือ

1.2.1 แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1.2.2 แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

1.2.3 แบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ มี 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 วัดทักษะ
การสื่อสาร และตอนที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

1.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.4 แบบประเมินภาคปฏิบัติ มี 4 ชนิด คือ

1.4.1 เกณฑ์การให้คะแนน แบบมาตรฐานประมาณค่า 4 ระดับ

1.4.2 แบบสังเกตการสื่อสาร

1.4.3 แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน

1.4.4 แบบสังเกตการนำเสนองาน

1.5 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2. ขั้นตอนการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการการศึกษาค้นคว้าใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอนสร้างและพัฒนา ดังนี้

2.1 แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมมี 3 ฉบับ คือ แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และแบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ รายละเอียดดังนี้

2.1.1 แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) และทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากเอกสาร ฐานข้อมูลออนไลน์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้พัฒนาจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมของพิชญา ตีมี (2559) และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของไพลิน แก้วดอก (2561) โดยผู้วิจัยได้ปรับแก้ข้อคำถามให้สามารถวัดตัวบ่งชี้พฤติกรรมในทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมได้ครอบคลุม ประกอบด้วยความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น การริเริ่มความคิดใหม่ และการสร้างผลงานใหม่ โดยคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

2) กำหนดลักษณะของแบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมเป็นแบบเขียนตอบ แต่จำกัดเวลา เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนเขียนตอบตามความคิดของตนเองอย่างอิสระ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน แบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ

3) กำหนดโครงสร้างการออกแบบ แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังตาราง 11

ตาราง 11 โครงสร้างการออกแบบ แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ทักษะ	พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้	จำนวน ข้อคำถาม
การสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	1. มีความคล่อง ในการคิด	1. อธิบายคำตอบได้ภายในเวลาที่กำหนด ในการแสดงความคิดในการหาคำตอบได้	3
	2. มีความคิด ยืดหยุ่น	2. หาคำตอบได้อย่างหลากหลาย และ ดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิด	
	3. มีความริเริ่ม ความคิดใหม่	3. วางแผนและอธิบายการคิดในลักษณะ ที่แปลกใหม่ ที่แตกต่างจากความคิดของ	
	4. มีการสร้าง ผลงานแปลก ใหม่	ผู้อื่น หรือนำความรู้เดิมมาดัดแปลง และ ประยุกต์ในการอธิบายในสถานการณ์ได้ 4. มีแนวคิดในการสร้างผลงานใหม่ ๆ หรือ ดัดแปลงประยุกต์ผลงานเดิมให้เป็นผลงาน ใหม่ได้	

4) สร้างแบบวัด ตามโครงสร้างการออกแบบ จำนวน 3 ข้อ

5) สร้างเกณฑ์การให้คะแนน แบบมาตราส่วนประมาณค่า 4 ระดับ

6) นำแบบวัดและเกณฑ์การให้คะแนนที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์
ที่ปรึกษาพิจารณาตรวจสอบความตรง (validity) ของแบบวัด และภาษาที่ใช้ แล้วนำข้อเสนอแนะ
มาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

7) นำแบบวัดและเกณฑ์การให้คะแนนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5
ท่าน เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับ
คุณลักษณะที่ต้องการวัดหรือไม่โดยพิจารณาให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

8) นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน วิเคราะห์หาค่าดัชนี
ความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของ

ข้อคำถามในแบบวัดทั้ง 3 ข้อ เท่ากับ 1.00 และค่าดัชนีความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนน มีค่าตั้งแต่ 0.80 – 1.00 นั่นคือข้อคำถามและเกณฑ์การประเมิน มีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

9) ปรับปรุงข้อคำถามของแบบวัดและเกณฑ์การให้คะแนน ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญให้มีความชัดเจน และสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

10) ทดลองใช้แบบวัดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน เชียงทองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน โดยใช้เวลาตอบ 30 นาที นำข้อมูลมาวิเคราะห์คุณภาพข้อคำถามด้านความชัดเจนของภาษา เวลาที่ใช้ในการตอบแบบวัด ผลปรากฏว่า แบบวัดมีภาษาชัดเจน ส่วนเวลาที่ใช้ไม่เหมาะสมเนื่องจากนักเรียนทั้งหมดใช้เวลาตอบคำถามน้อยกว่าที่กำหนดไว้ จึงปรับเวลาในการตอบแบบทดสอบเป็น 15 นาที

11) หาคุณภาพของแบบวัดรายข้อด้วยการวิเคราะห์ค่าดัชนีอำนาจจำแนก และค่าดัชนีความยากจากสูตรของวิทนีและซาเบอร์ (Whitney and Sabers) โดยค่าดัชนีอำนาจจำแนกต้องมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไปและค่าดัชนีความยากต้องมีค่าตั้งแต่ 0.20 – 0.80 พบว่า ข้อคำถามผ่านเกณฑ์ทั้ง 3 ข้อ ซึ่งมีค่าดัชนีอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.31 – 0.36 และค่าดัชนีความยาก ตั้งแต่ 0.39 – 0.46

12) หาคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับด้วยการวิเคราะห์ความเที่ยง (Reliability) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่า แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมมีความเที่ยง เท่ากับ 0.94

13) ปรับปรุงแบบวัด แล้วเสนอผลการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นแก่อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาอีกครั้ง แล้วปรับปรุงให้มีความเหมาะสม และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

14) จัดพิมพ์ แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.1.2 แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) และทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาจากเอกสาร ฐานข้อมูลออนไลน์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้พัฒนาแบบวัดจากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายของจอร์เจีย คิง (2560) ซึ่งเป็นแบบสถานการณ์มีข้อคำถาม

ตามกระบวนการแก้ปัญหาอย่างมีวิจารณญาณ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นระบุปัญหาหรือตั้งคำถาม ขั้นรวบรวมจัดการข้อมูล ขั้นวางแผนแก้ปัญหาหรือหาคำตอบเป็นการหาแนวทางแก้ปัญหา ขั้นดำเนินการแก้ปัญหาหรือหาคำตอบตามวิธีการที่ตัดสินใจและรวบรวมข้อมูล และขั้นประเมินผล การแก้ปัญหาหรือหาคำตอบตรวจสอบผลโดยใช้เหตุผล ตามลำดับ รวม 5 ข้อ ซึ่งผู้วิจัยได้เพิ่มเติม ข้อคำถามในข้อที่ 6 เพื่อวัดพฤติกรรมการสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาอย่างหลากหลาย ให้สอดคล้องกับตัวบ่งชี้ในทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา

2) กำหนดลักษณะของแบบวัดเป็นแบบชนิดเลือกตอบ 1 คำตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ เกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน

3) กำหนดโครงสร้างการออกแบบ แบบวัดจำนวน 7 สถานการณ์ ซึ่งนำไปใช้จริง 5 สถานการณ์ โดยใน 1 สถานการณ์ประกอบด้วยคำถาม 6 ข้อ รายละเอียดแบบวัด ดังตาราง 12

ตาราง 12 โครงสร้างสถานการณ์ในแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

ทักษะ	พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้	ข้อคำถามที่
การคิดอย่างมี	1. ระบุประเด็นปัญหาและทำความเข้าใจปัญหา	1. ระบุปัญหาและทำความเข้าใจในปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้	1
วิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหา	2. เลือกและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา	2. ระบุแหล่งข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา จัดระบบข้อมูลโดยวิธีการต่าง ๆ วิเคราะห์ความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าจากสถานการณ์ได้	2
	3. กำหนดสมมติฐานที่จะนำไปสู่การค้นหาวิธีการแก้ปัญหา	3. การกำหนดหรือคาดเดาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้	3

ตาราง 12 (ต่อ)

ทักษะ	พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้	ข้อ คำถามที่
	4. จัดระบบข้อมูล เพื่อสรุปผลการแก้ปัญหา	4. เก็บรวบรวมข้อมูลสอดคล้องกับ ออกแบบได้อย่างต่อเนื่อง ครบถ้วน และ จัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมมาได้	4
	5. ตัดสินใจลงข้อสรุป การแก้ปัญหาย่าง สมเหตุสมผล	5. พิจารณาเหตุผลให้เพียงพอในการ สรุปปัญหาได้อย่างถูกต้องได้	5
	6. สร้างทางเลือกใน การแก้ปัญหาย่าง หลากหลาย	6. พิจารณาผลการตัดสินใจ เพื่อเปลี่ยนแปลงข้อสรุปใหม่ใน การแก้ปัญหากว่ามีเหตุผลหรือข้อมูล เพิ่มเติมและนำข้อสรุปไปประยุกต์ใช้ใน การแก้ปัญหามากมาย ๆ สถานการณ์ได้	6

4) สร้างแบบวัดตามโครงสร้างการออกแบบของแบบวัด

5) นำแบบวัดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณา
เพื่อขอคำแนะนำ มาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6) นำแบบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความตรง
เชิงเนื้อหา (Content Validity) ว่าข้อคำถาม มีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัดหรือไม่
โดยพิจารณาการให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีไม่ความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

7) นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน วิเคราะห์ค่าดัชนีความ
สอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนี
ความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป จากการวิเคราะห์พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถาม
มีค่าตั้งแต่ 0.60 – 1.00 นั่นคือข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

8) ปรับปรุงข้อคำถามของแบบวัดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญให้ชัดเจนและสมบูรณ์มากขึ้น

9) ทดลองใช้แบบวัดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์คุณภาพข้อคำถามเบื้องต้นด้านความชัดเจนของภาษา เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด ผลปรากฏว่า แบบวัดมีความชัดเจนดี แต่ควรปรับภาษาในบางข้อคำถามให้ชัดเจนยิ่งขึ้น ส่วนเวลาที่ใช้มีความเหมาะสมคือ ใช้เวลาในการตอบ ประมาณ 60 นาที

10) หากคุณภาพรายข้อแบบวัดอิงกลุ่ม โดยแบ่งนักเรียนด้วยเทคนิค 50% ทั้งด้านอำนาจจำแนกและความยาก พบว่า แบบวัดมีอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.34 – 0.69 และมีความยาก ตั้งแต่ 0.32 – 0.80

11) หากคุณภาพของแบบวัดด้วยการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (Reliability) ด้วยวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสันโดยใช้สูตร KR-20 พบว่าแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา มีความเที่ยงเท่ากับ 0.92

12) ปรับปรุงแบบวัด แล้วเสนอผลการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นแก่อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาอีกครั้ง แล้วปรับปรุงให้มีความเหมาะสม และสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

13) จัดพิมพ์แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.1.3 แบบแบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) และทักษะการสื่อสารและการร่วมมือจากเอกสาร ฐานข้อมูลออนไลน์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยผู้วิจัยได้พัฒนาจากแบบวัด 2 ฉบับ ได้แก่ แบบวัดทักษะการสื่อสารแห่งศตวรรษที่ 21 สำหรับนิสิตนักศึกษาปริญญาบัณฑิตของ มุกทราย บวรนิธิกุล (2558) และแบบวัดแบบวัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่นแห่งศตวรรษที่ 21 สำหรับนิสิตนักศึกษาปริญญาตรีของญาณี วัฒนากร (2558) ซึ่งผู้วิจัยคัดเลือกข้อคำถามบางข้อในแบบวัดดังกล่าว มาปรับปรุงแก้ไขให้สอดคล้องกับบริบทของนักเรียนและตัวบ่งชี้ด้านทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งประกอบด้วย 1) ความสามารถรับสารจากผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ 2) การสื่อสารความคิดและมุมมองของตนเองโดยใช้ภาษาพูด ภาษาเขียน และกิริยาท่าทางได้อย่างเหมาะสม 3) ความสามารถในการเลือกใช้วิธีสื่อสารได้อย่างหลากหลายและเหมาะสม

4) การทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามเป้าหมาย และ 5) การยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อนร่วมงานอย่างใจกว้าง

2) กำหนดลักษณะของแบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ โดยแบ่งเป็น 2 ตอนประกอบด้วย

ตอนที่ 1 วัดทักษะการสื่อสาร เป็นแบบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือกตอบ จำนวน 10 ข้อ ตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน ตอบถูกได้ 1 คะแนน

ตอนที่ 2 แบบวัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น มีจำนวน 2 สถานการณ์ แต่ละสถานการณ์ มีคำถาม 4 ข้อรายละเอียดดังนี้

ข้อ 1 ใช้วัดความคิดเห็นที่มีต่อสถานการณ์และ ข้อ 2 - 3 ใช้วัดแนวโน้มในการปฏิบัติว่าจะทำหรือไม่ทำหากเผชิญปัญหาดังกล่าว ซึ่งเป็นพฤติกรรมภายในด้านบวก รายการคำตอบอยู่ในรูปแบบมาตราประมาณ ค่า 5 ระดับ ถ้าผู้ตอบ

- ตอบ จะทำแน่นอน ให้ 5 คะแนน
- ตอบ คาดว่าจะทำ ให้ 4 คะแนน
- ตอบ ไม่แน่ใจ ให้ 3 คะแนน
- ตอบ ไม่ทำ ให้ 2 คะแนน
- ตอบ ไม่ทำแน่นอน ให้ 1 คะแนน

ข้อ 4 ใช้วัดแนวโน้มในการปฏิบัติว่าจะทำหรือไม่ทำหากเผชิญปัญหาดังกล่าว ซึ่งเป็นพฤติกรรมภายในด้านลบ รายการคำตอบอยู่ในรูปแบบมาตราประมาณค่า 5 ระดับ ถ้าผู้ตอบ

- ตอบ จะทำแน่นอน ให้ 1 คะแนน
- ตอบ คาดว่าจะทำ ให้ 2 คะแนน
- ตอบ ไม่แน่ใจ ให้ 3 คะแนน
- ตอบ ไม่ทำ ให้ 4 คะแนน
- ตอบ ไม่ทำแน่นอน ให้ 5 คะแนน

3) กำหนดโครงสร้างการออกแบบ แบบวัดรายละเอียดของแบบวัด

มีดังตาราง 13

ตาราง 13 โครงสร้างการออกแบบ แบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ

ทักษะ	พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้	ข้อ คำถามที่
ตอนที่ 3 วัดทักษะการ สื่อสารและ การร่วมมือ	1. สามารถรับสารจากผู้อื่น ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	1. บอกสิ่งที่ผู้พูด ผู้เขียนต้องการสื่อ ความหมาย และระบุนูใจความหรือ ประเด็นสำคัญจากเรื่องี่อ่านหรือรับฟัง ได้	1 - 4
	2. สื่อสารความคิดและ มุมมองของตนเองโดยใช้ ภาษาพูด ภาษาเขียน และ กริยาท่าทางได้อย่าง เหมาะสม	2. การพูดให้คนอื่นเข้าใจ ความคิด มุมมอง และความรู้สึก ด้วยภาษาของ ตนเองรวมทั้งยกตัวอย่างประกอบ และ สามารถเขียนบรรยายเรื่องราวต่าง ๆ ให้ ผู้อื่นอ่านและเข้าใจได้ รวมถึงการใช้ กริยาท่าทางติดต่อสื่อสาร และสร้าง ความสัมพันธ์กับเพื่อนในเชิงบวก	5 - 6
	3. สามารถเลือก ใช้วิธี สื่อสาร ได้อย่าง หลากหลายและเหมาะสม	3. การเลือกวิธีการสื่อสารให้เหมาะสม กับวัตถุประสงค์ สถานการณ์ และผู้รับ สาร โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อตนเอง และสังคม เพื่อถ่ายทอดและแลกเปลี่ยน ความคิด ความรู้ และความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนะของตนเองได้	7 - 10
	4. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ อย่างมีประสิทธิภาพและ บรรลุตามเป้าหมาย	4. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมี ประสิทธิภาพ ใช้กระบวนการกลุ่มใน การคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา มี ความรับผิดชอบในหน้าที่ ในฐานะเป็น ส่วนหนึ่งของกลุ่มได้	11- 14

ตาราง 13 (ต่อ)

ทักษะ	พฤติกรรม	ตัวบ่งชี้	ข้อ คำถามที่
	5. ยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อนร่วมงานอย่างใจกว้าง	5. การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพื่อประกอบการตัดสินใจเสมอ แม้ว่าความคิดเห็นนั้นจะแตกต่างจากตนและสามารถปรับเปลี่ยนผลงานตามคำแนะนำหรือความต้องการของเพื่อนในกลุ่มได้	15 - 18

4) ดำเนินการพัฒนาแบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือตามโครงสร้างที่กำหนดไว้

5) นำแบบวัดที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาเพื่อขอคำแนะนำ มาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

6) นำแบบวัดเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัดหรือไม่ โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนน +1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

ให้คะแนน 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

ให้คะแนน -1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามมีความไม่สอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

7) นำผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่าน มาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดย พิจารณาแล้วพบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามมีค่าตั้งแต่ 0.80 – 1.00 นั่นคือข้อคำถามมีความสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการวัด

8) ปรับปรุงข้อคำถามของแบบวัดตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญให้ชัดเจนและมีความสมบูรณ์มากขึ้น

9) ทดลองใช้แบบวัดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์คุณภาพข้อคำถามด้านความชัดเจนของภาษา เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัด

ผลปรากฏว่าแบบวัดมีความชัดเจนดี แต่ควรปรับภาษาในบางข้อให้ชัดเจนยิ่งขึ้น และเวลาที่เหมาะสมในการตอบ คือ 15 นาที

10) หาคุณภาพของแบบวัดดังนี้

ตอนที่ 1 วัดทักษะการสื่อสาร หาคุณภาพแบบวัดอิงกลุ่มโดยแบ่งนักเรียนด้วยเทคนิค 50% ทั้งด้านความยากและอำนาจจำแนก พบว่า แบบวัดมีอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.43 – 0.69 และมีความยาก ตั้งแต่ 0.36 – 0.64 และหาคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับด้วยการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (Reliability) ตามวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสันโดยใช้สูตร KR-20 พบว่าแบบวัดมีความเที่ยงเท่ากับ 0.85

ตอนที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น หาคุณภาพแบบวัดรายข้อด้วยการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนกแบบ Item total correlation ของเพียร์สัน (Pearson) พบว่าข้อคำถามมีอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.28 – 0.85 และหาคุณภาพของแบบทั้งฉบับโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่ามีความเที่ยงเท่ากับ 0.88

11) ปรับปรุงแบบวัด และเสนอผลการตรวจสอบคุณภาพเบื้องต้นแก่อาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณาอีกครั้ง ปรับปรุงให้มีความเหมาะสมและสมบูรณ์

12) จัดพิมพ์ แบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตรากาการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.2.1 ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.2 ศึกษาสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ สาระเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) และนำมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ มากำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

2.2.3 กำหนดโครงสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตรากาการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นแบบชนิดเลือกคำตอบ 1 คำตอบ 5 ตัวเลือกให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้ของกิจกรรมการเรียนรู้จำนวน 45 ข้อ นำไปใช้จริง 30 ข้อ

ตาราง 14 โครงสร้างการออกแบบ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตรา
การเกิดปฏิกิริยา

ผลการเรียนรู้	เรื่อง	จำนวนคำถาม (ข้อ)
สาระเคมี ม.5/4 ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	15
สาระเคมี ม.5/5 เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา	ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	15
สาระเคมี ม.5/6 ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน หรืออุตสาหกรรม	ผลของปัจจัยที่มีต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมีในชีวิตประจำวัน หรืออุตสาหกรรม	15
รวม		45

2.2.4 ดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามโครงสร้าง แล้วนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อขอคำแนะนำ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อพิจารณาความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้อง (Item-Objective Congruence Index: IOC) ตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบวัดกับจุดประสงค์การเรียนรู้ มีค่าตั้งแต่ 0.60 – 1.00

2.2.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นักเรียนนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ปีการศึกษา 2562

จำนวน 25 คน แล้วนำกระดาษคำตอบตรวจให้คะแนนโดยตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ตัวเลือกให้ 0 คะแนน

2.2.7 หากคุณภาพของข้อสอบรายข้อ ด้วยการวิเคราะห์ค่าอำนาจจำแนก และค่าความยาก แล้วคัดเลือกข้อคำถามที่มีคุณภาพ จำนวน 30 ข้อ พบว่า มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.26 - 0.77 และมีค่าความยากตั้งแต่ 0.36 - 0.72

2.2.8 หากคุณภาพของแบบวัดทั้งฉบับ ด้วยการวิเคราะห์ค่าความเที่ยง (Reliability) ตามวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสันโดยใช้สูตร KR-20 พบว่า แบบวัดมีความเที่ยงเท่ากับ 0.95

2.2.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีฉบับสมบูรณ์เพื่อใช้ในการทดลองจริงต่อไป

2.3 แบบประเมินภาคปฏิบัติ มี 4 ชนิด คือ

2.3.1 เกณฑ์การให้คะแนน แบบมาตรฐานประมาณค่า 4 ระดับ

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนจากเอกสาร ฐานข้อมูลออนไลน์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษางาน (Task) ที่ต้องการประเมิน ประกอบพฤติกรรมบ่งชี้ที่เป็นเป้าหมายของพฤติกรรมที่ให้นักเรียนแสดงความสามารถ แล้วกำหนดประเด็นการประเมินที่ใช้ตรวจสอบความสามารถในการปฏิบัติงานและสร้างรายการและเกณฑ์การประเมินเป็นแบบมาตรฐานประมาณค่า 4 ระดับ

3) นำเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาพิจารณาตรวจสอบความครอบคลุมของประเด็นเนื้อหาของเครื่องมือ และนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขให้เกณฑ์สมบูรณ์ขึ้น

4) นำเกณฑ์การให้คะแนนเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การให้คะแนน (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป พบว่า รายการประเมินทั้งหมดผ่านเกณฑ์การพิจารณา ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.80 - 1.00

5) ปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ให้มีความชัดเจน และวัดได้สอดคล้องกับพฤติกรรมบ่งชี้ที่กำหนดไว้

6) นำเกณฑ์การให้คะแนนที่สร้างขึ้นให้ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนรายวิชาเคมี จำนวน 2 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 1 ท่าน รวม 3 ท่าน ประเมินภาระงานของนักเรียน จำนวน 3 คน นำผลการประเมินมาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) เพื่อหาความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของเกณฑ์การให้คะแนน พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เท่ากับ 0.82 ซึ่งมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงให้เห็นว่าเกณฑ์การให้คะแนนมีคุณภาพ

7) จัดพิมพ์เกณฑ์การให้คะแนนฉบับสมบูรณ์สำหรับใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.3.2 แบบสังเกตการสื่อสาร แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน และแบบสังเกตการนำเสนองาน

1) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎีเกี่ยวกับทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ของภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills) และพฤติกรรมบ่งชี้ของทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนจากเอกสาร ฐานข้อมูลออนไลน์ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2) ศึกษาเอกสาร หนังสือ ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบสังเกตการสื่อสาร แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน และแบบสังเกตการนำเสนองาน

3) นำแบบสังเกตที่สร้างขึ้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้กับประเด็นการสังเกต (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยใช้เกณฑ์การพิจารณา ค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.60 ขึ้นไป พบว่า แบบสังเกตการสื่อสาร มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00 แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง ตั้งแต่ 0.80 -1.00 และแบบสังเกตการนำเสนองาน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง เท่ากับ 1.00

4) จัดพิมพ์แบบสังเกตการสื่อสาร แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน และแบบสังเกตการนำเสนองาน ฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

2.4 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษา

การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ จำนวน 3 ด้าน คือ ด้านปัจจัยนำเข้า (Input Evaluation) ด้านกระบวนการ (Process Evaluation) ด้านผลผลิต (Product Evaluation) ผู้วิจัยดำเนินการดังนี้

2.4.1 ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวกับความพึงพอใจ

2.4.2 ศึกษาวิธีการสร้างแบบวัดความพึงพอใจของนักเรียนโดยศึกษาวิธีสร้าง

แบบสอบถาม

2.4.3 สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ คือ

ระดับ 5 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ มาก

ระดับ 3 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ น้อย

ระดับ 1 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ น้อยที่สุด

โดยแบบสอบถามแยกเป็น 3 ด้าน คือ ด้านปัจจัยนำเข้า (Input Evaluation) ด้านกระบวนการ (Process Evaluation) ด้านผลผลิต (Product Evaluation) เป็นแบบวัดชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) รวมทั้งหมดจำนวน 16 ข้อ

2.4.4 นำแบบสอบถามที่เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อตรวจสอบความชัดเจนทางภาษา และความถูกต้องของเนื้อหา

2.4.5 นำแบบสอบถามเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะที่พึงพอใจต่อการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (Item-Objective Congruence Index: IOC) โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป พบว่า ข้อคำถามทั้ง 16 ข้อ นั้นมีจำนวน 1 ข้อที่ไม่มีคุณภาพซึ่งตัดทิ้ง และมีข้อคำถามที่มีคุณภาพจำนวน 15 ข้อ โดยมีดัชนีความสอดคล้องมีค่าตั้งแต่ 0.60 – 1.00

2.4.6 นำแบบสอบถามจำนวน 15 ข้อ ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน ซึ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพภาคสนาม จากนั้นหาคุณภาพของแบบสอบถามรายชื่อด้วยการวิเคราะห์ดัชนี

อำนาจจำแนกแบบ Item Total Correlation โดยใช้เกณฑ์การพิจารณาตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป พบว่า ค่า Item Total Correlation มีค่าตั้งแต่ 0.23 – 0.85 จากนั้นทำการหาคุณภาพของแบบสอบถามทั้งฉบับด้วยการวิเคราะห์ความเที่ยงโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) พบว่า แบบสอบถามมีความเที่ยง เท่ากับ 0.92

2.4.7 จัดพิมพ์แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

จากการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยข้างต้น สามารถสรุปผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องได้ดังตาราง

ตาราง 15 สรุปผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือวิจัย	ความตรง (Validity)		อำนาจจำแนก (Discrimination)		ความยากง่าย (Difficulty)		ความเที่ยง (Reliability)		
	The index of item- objective congruence (IOC)	Whitney และ Sabers	เทคนิค 50%	Item total correlation	Whitney และ Sabers	ค่าความยาก	Cranach's Alpha Coefficient	Kuder Richardson (KR-20)	Rater Agreement Index : RAI
1. แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม									
1.1 แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และ นวัตกรรม	.80 – 1.00	.20 – .80	-	-	.31 - .36	-	.94	-	-
1.2 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการแก้ปัญหา	.60 – 1.00	-	.34 - .69	-	-	.32 - .80	-	.92	-
1.3 แบบวัดทักษะการสื่อสารและความ ร่วมมือ ตอนที่ 1 วัดการสื่อสาร	.80 – 1.00	-	.43 - .69	-	-	.36 - .64	-	.85	-
1.4 แบบวัดทักษะการสื่อสารและความ ร่วมมือ ตอนที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับ ผู้อื่น	.80 – 1.00	-	-	.28 - .85	-	-	.88	-	-

ตาราง 15 (ต่อ)

	เครื่องมือวิจัย		ความยากง่าย (Difficulty)	ความเที่ยง (Reliability)
	ความตรง (Validity)	อำนาจจำแนก (Discrimination)		
2. แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตรากาการเกิดปฏิกิริยาเคมี	The index of item- objective congruence (IOC)	Whitney และ Sabers เทคนิค 50%	Whitney และ Sabers ค่าความยาก	Cranach's Alpha Coefficient Kuder Richardson Procudure (KR-20) Rater Agreement Index : RAI
	.60 – 1.00	-	.26 - .77	.36 - .72
3. แบบประเมินภาคปฏิบัติ				
3.1 เกณฑ์การให้คะแนน	.80 – 1.00	-	-	-
3.2 แบบสังเกตการณ์สื่อสาร	1.00	-	-	-
3.3 แบบสังเกตความร่วมมือในการ ทำงาน	.80 – 1.00	-	-	-
3.4 แบบสังเกตการนำเสนอผลงาน	1.00	-	-	-
4. แบบสอบถามความพึงพอใจ	.60 – 1.00	-	.23 - .85	.92

.82

.95

การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้

1. ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.2 ตัวแปรตาม

1.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.2.2 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) พิจารณาจำนวน 3 ด้าน คือ การสร้างสรรค์นวัตกรรม (creativity and innovation) การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (critical thinking and problem) และการสื่อสารและการร่วมมือ (communication and collaboration)

2. แบบแผนการวิจัย (Research Design)

การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ครั้งนี้ใช้แบบแผนการทดลองแบบ one-group pretest -posttest design (ล้วน สายยศ และอังศนา สายยศ, 2538, หน้า 240) ซึ่งศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่ม โดยดำเนินการวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังภาพ 9

การทดสอบก่อน	การจัดกระทำ	การทดสอบหลัง
T ₁	X	T ₂

ภาพ 9 แบบแผนการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้แบบแผนการทดลองแบบ one-group pretest-posttest design เนื่องจากมีความมุ่งหมายในการพัฒนาและศึกษาการเปลี่ยนแปลงทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (การจัดกระทำ) ของนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง และนอกจากนี้ยังทำให้ผู้วิจัยสามารถเปรียบเทียบพัฒนาการก่อนและหลังจากจัดกระทำได้ชัดเจน

3. ขั้นตอนการดำเนินการศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้

การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ชี้แจงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างถึงวัตถุประสงค์ รายละเอียด และขั้นตอน ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้นักเรียนทราบ

3.2 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และวัดระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้วยแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (Pre - test) แล้วบันทึกคะแนนไว้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

3.3 ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้น จำนวน 3 กิจกรรม รวม 22 ชั่วโมง โดยระหว่างปฏิบัติกิจกรรมผู้วิจัยประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมภาคปฏิบัติควบคู่กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

3.4 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ด้วยแบบวัดแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมด้วยแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ฉบับเดิมกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง (Post - test) แล้วบันทึกคะแนนไว้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 3 ด้าน คือ ด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการ ด้านผลผลิต ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจบันทึกคะแนนไว้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลหลังการทดลอง

ตาราง 16 ขั้นตอนและกิจกรรมการทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้

ที่	วัน/เดือน/ปี	กิจกรรม	การดำเนินการของ ผู้วิจัย	เวลา (ชั่วโมง)
1	24 ธันวาคม 2562	วัดทักษะการเรียนรู้และ นวัตกรรมการก่อนเรียนของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง	1.ชี้แจงและให้ คำแนะนำนักเรียน	2.0
2	7 มกราคม 2563	วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1.ชี้แจงและให้ คำแนะนำนักเรียน	1.0
3	14 มกราคม - 5 กุมภาพันธ์ 2563	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ 1 "กิจกรรมนักทำความสะอาดมือโปร"	1.ชี้แจงและให้ คำแนะนำนักเรียน 2.ร่วมสรุปและอภิปราย	12.0
4	11 - 18 กุมภาพันธ์ 2563	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ 2 "มิตรภาพแห่งเพื่อน"	1.ชี้แจงและให้ คำแนะนำนักเรียน 2.ร่วมสรุปและอภิปราย	5.0
5	18 - 26 กุมภาพันธ์ 2563	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ 3 "ลูกโป่งสวรรค์"	1.ชี้แจงและให้ คำแนะนำนักเรียน 2.ร่วมสรุปและอภิปราย	5.0
6	3 มีนาคม 2563	วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1.ชี้แจงและให้ คำแนะนำนักเรียน	1.0
7	4 มีนาคม 2563	วัดทักษะการเรียนรู้และ นวัตกรรมการก่อนเรียนของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง	1.ชี้แจงและให้ คำแนะนำนักเรียน	2.0

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตรากาการเกิดปฏิกิริยาเคมี และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตรากาการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

1. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

1.1 คำนวนคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงมาตรฐาน และร้อยละ ของคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนและหลังเรียน

1.2 จำแนกนักเรียนตามระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนจากคะแนนเฉลี่ย คะแนนเฉลี่ยร้อยละโดยเทียบจากเกณฑ์การตัดสินระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมตามพิชญา ตีมี (2559, หน้า 397) ดังนี้

ตาราง 17 เกณฑ์การตัดสินผลการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในภาพรวม

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	ระดับคุณภาพ
คะแนน ร้อยละ 80 - 100	มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ดีเยี่ยม
คะแนน ร้อยละ 70 - 79	มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ดี
คะแนน ร้อยละ 60 - 69	มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ปานกลาง
คะแนน ร้อยละ 50 - 59	มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม พอใช้
คะแนน ร้อยละ 0 - 49	มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ควรปรับปรุง

1.3 คำนวนคะแนนพัฒนาการ (Gain Scores) ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนเพื่อวิเคราะห์ระดับพัฒนาการของคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนโดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ (GS(%)) ที่เสนอโดย ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 268)

1.4 จำแนกนักเรียนตามระดับพัฒนาการจากคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์โดยเทียบจากเกณฑ์ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2552, หน้า 268) ดังตาราง 11

ตาราง 18 เกณฑ์การประเมินระดับพัฒนาการ

คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ
76 - 100	พัฒนาการระดับสูงมาก
51 - 75	พัฒนาการระดับสูง
26 - 50	พัฒนาการระดับกลาง
0 - 25	พัฒนาการระดับต้น

1.5 ทดสอบการแจกแจงของคะแนนเฉลี่ยทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test

1.6 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนหลังเรียนกับร้อยละ 70 ด้วยสถิติทดสอบที (One - Sample t-test) โดยทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) และกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

1.7 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที (Paired Samples t-test) โดยทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) และกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.1 ทดสอบการแจกแจงของคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยสถิติ Shapiro-Wilk test

2.2 คำนวณคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก่อนและหลังเรียนของนักเรียน

2.3 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนหลังเรียนกับร้อยละ 75 ด้วยสถิติทดสอบที (One - Sample t-test) โดยทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) และกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

2.4 เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบที (Paired Samples t-test) โดยทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) และกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

3. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.1 คำนวณคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนความพึงพอใจ จากแบบสอบถามความพึงพอใจ

3.2 นำคะแนนเฉลี่ย ของคะแนนความพึงพอใจมาเทียบกับเกณฑ์การพิจารณา ระดับความพึงพอใจ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 163) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
4.51 – 5.00	มากที่สุด
3.51– 4.50	มาก
2.51 – 3.50	ปานกลาง
1.51 – 2.50	น้อย
1.00 – 1.50	น้อยที่สุด

สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าเฉลี่ย (Mean) ใช้สูตรดังนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551, หน้า 124)

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N f_i x_i}{N}$$

เมื่อ \bar{X} คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum_{i=1}^N f_i x_i$ คือ ผลรวมของข้อมูลทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation: *S.D.*) โดยใช้สูตรดังนี้
(สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551, หน้า 140)

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

เมื่อ *S.D.* คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
 $\sum x^2$ คือ ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง
 $(\sum x)^2$ คือ กำลังสองของคะแนนรวม
n คือ จำนวนคนทั้งหมด

3. ร้อยละ (Percentage) โดยใช้สูตรดังนี้
(สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551, หน้า 140)

$$P = \frac{F}{N} \times 100$$

เมื่อ *P* คือ ร้อยละ
F คือ ความถี่ที่ต้องการแปลงเป็นร้อยละ
N คือ จำนวนความถี่ทั้งหมด

4. การหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้สูตรดังนี้
(ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, หน้า 7 – 20)

$$E_1 = \frac{\sum X}{N} \times 100 \quad \text{และ} \quad E_2 = \frac{\sum F}{N} \times 100$$

เมื่อ E_1 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนรู้
 E_2 คือ ประสิทธิภาพของผล

$\sum X$	คือ	คะแนนรวมของการทำแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม และแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมระหว่างเรียน
$\sum F$	คือ	คะแนนรวมของผลลัพธ์การประเมินหลังเรียน
A	คือ	คะแนนเต็มของการทำแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละกิจกรรม และแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมระหว่างเรียน
B	คือ	คะแนนเต็มทั้งหมดของแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียน

4. สูตรที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย

เครื่องมือที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นแต่ละประเภทที่ใช้ในการวิจัยทั้งแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม แบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบประเมินการปฏิบัติ และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน ได้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือในด้านความตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนก และความเที่ยง และความเป็นปรนัย ดังนี้

4.1 ความตรง (validity)

การตรวจสอบความตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of item objective congruence) มีสูตรการคำนวณ ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 220)

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

เมื่อ	IOC	คือ	ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	คือ	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	คือ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

4.2 ความยาก (Difficulty)

1) ตรวจสอบความยากของแบบวัดการสร้างสรรค์และนวัตกรรมซึ่งเป็นแบบเขียนตอบด้วยวิธีของ Whitney และ Sabers (Whitney and Sabers, 1970 อ้างอิงใน โกวิท ประมวลพฤษ, 2527, หน้า 276) มีสูตรดังนี้

$$P_E = \frac{(S_H + S_L) - (n_T)(X_{\min})}{(n_T)(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	P_E	คือ	ดัชนีค่าความยากของแบบทดสอบ
	S_H	คือ	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_L	คือ	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	X_{\max}	คือ	คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนเต็มของข้อสอบข้อนั้น ๆ)
	X_{\min}	คือ	คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนต่ำสุดของข้อสอบข้อนั้น ๆ)
	n_T	คือ	จำนวนนักเรียนทั้งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำ

2) ตรวจสอบความยากของแบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา แบบวัดทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ (ตอนที่ 1 วัดทักษะการสื่อสาร) และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (บุญชม ศรีสะอาด, 2545 หน้า 84)

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

เมื่อ	P	คือ	ค่าความยากง่ายของข้อทดสอบ
	R	คือ	จำนวนนักเรียนที่ตอบถูก
	N	คือ	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

การแปลความหมายค่าความยาก ใช้เกณฑ์การพิจารณา ดังนี้

0.81 – 1.00	หมายถึง	ข้อสอบง่ายเกินไป
0.61 – 0.80	หมายถึง	ข้อสอบค่อนข้างง่าย
0.41 – 0.60	หมายถึง	ข้อสอบยากปานกลาง

0.21 – 0.40	หมายถึง	ข้อสอบค่อนข้างยาก
0.00 – 0.20	หมายถึง	ข้อสอบยากเกินไป

เกณฑ์ความยากง่ายที่ยอมรับได้มีค่ามีค่าตั้งแต่ 0.20 – 0.80 ถ้าข้อสอบนั้นมีค่าเกิน 0.80 แสดงว่า ข้อสอบนั้นมีความง่ายมากเกินไป ต้องตัดออกหรือปรับปรุงใหม่ แต่ถ้าข้อสอบมีค่าต่ำกว่า 0.2 ถือว่าข้อสอบนั้นมีความยากเกินไปต้องตัดออกหรือปรับปรุงเช่นเดียวกัน

4.3 อำนาจจำแนก (Discrimination)

4.3.1 ตรวจสอบอำนาจจำแนก ของแบบวัดการสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นแบบเขียนตอบด้วยวิธีของ Whitney และ Sabers (Whitney and Sabers, 1970 อ้างอิงใน โกวิท ประมวลพฤกษ์, 2527, หน้า 276) มีสูตรดังนี้

$$D = \frac{(S_H - S_L)}{n_H (X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	D	คือ	ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
	S_H	คือ	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_L	คือ	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	n_H	คือ	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูง
	X_{\max}	คือ	คะแนนสูงสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนเต็มของข้อสอบข้อนั้น ๆ)
	X_{\min}	คือ	คะแนนต่ำสุดที่เป็นไปได้ (คะแนนต่ำสุดของข้อสอบข้อนั้น ๆ)

4.3.2 ตรวจสอบอำนาจจำแนกของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา แบบวัดทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ (ตอนที่ 1 วัดการสื่อสาร) และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มสูงต่ำ 50% (ปกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า 167 - 168) มีสูตรดังนี้

$$D = \frac{U}{n_U} - \frac{L}{n_L}$$

- เมื่อ D คือ ดัชนีค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
 U คือ จำนวนผู้สอบที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มคะแนนสูง
 L คือ จำนวนผู้สอบที่ตอบข้อนั้นถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ
 n_U คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมดที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนสูง
 n_L คือ จำนวนผู้สอบทั้งหมดที่ตอบถูกในกลุ่มคะแนนต่ำ

เกณฑ์การคัดเลือกข้อคำถาม คือมีอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป

4.3.3 ตรวจสอบอำนาจจำแนกของแบบวัดทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ (ตอนที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น) และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนของแต่ละข้อกับคะแนนรวม (Item total correlation) ด้วยวิธีของเพียร์สัน (Pearson) (ปกกรณ์ ประจันบาน, 2552, หน้า175) มีดังนี้

$$r_{xy} = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

- เมื่อ r_{xy} คือ ดัชนีค่าอำนาจจำแนก
 x คือ คะแนนรายข้อของกลุ่มตัวอย่างแต่ละคน
 y คือ คะแนนรวมทั้งฉบับที่หักออกด้วยคะแนนในข้อนั้นแล้ว

การแปลความหมายค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ

อีเบลและฟรีสไบ (Ebel and Frisbi, 1986, p.234) เสนอเกณฑ์ในการพิจารณาค่าอำนาจจำแนก ดังนี้

อำนาจจำแนก	ผลการประเมินข้อสอบ
0.40 ขึ้นไป	เป็นข้อสอบที่จำแนกได้ดีมาก
0.30 - 0.39	เป็นข้อสอบที่จำแนกได้ค่อนข้างดี แต่ถ้าเป็นไปได้ควรปรับปรุง
0.20 - 0.29	เป็นข้อสอบที่จำแนกได้บ้าง แต่ควรปรับปรุงแก้ไข

ต่ำกว่า 0.19

เป็นข้อสอบที่จำแนกได้น้อย

ควรตัดออกหรือปรับปรุงใหม่

เกณฑ์อำนาจจำแนกที่ยอมรับได้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 – 1.00 ถ้าอำนาจจำแนกต่ำกว่า 0.20 จะต้องปรับปรุงแบบทดสอบข้อนั้น หรือตัดทิ้งไป

4.4 ความเที่ยง (Reliability)

4.4.1 ตรวจสอบความเที่ยงของแบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรมแบบวัดทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ (ตอนที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น) แบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ ด้วยวิธีของครอนบาค (Cronbach) โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Cronbach's Alpha Coefficient) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545) ดังนี้

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S^2} \right]$$

เมื่อ α คือ สัมประสิทธิ์ความเที่ยง
 K คือ จำนวนข้อของเครื่องมือวัด
 S_i^2 คือ ผลรวมของความแปรปรวนของแต่ละข้อ
 $\sum S_i^2$ คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวม

4.4.2 ตรวจสอบความเที่ยงของแบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และแบบวัดทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ (ตอนที่ 1 วัดการสื่อสาร) ด้วยวิธีของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) โดยใช้สูตร KR-20 ดังนี้

$$KR-20 = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum p_i q_i}{S_x^2} \right]$$

เมื่อ $KR-20$ คือ สัมประสิทธิ์ของความเที่ยงของแบบทดสอบทั้งฉบับ
 k คือ จำนวนข้อของแบบทดสอบ
 S_x^2 คือ ความแปรปรวนของคะแนนรวมทั้งฉบับ

p_i คือ สัดส่วนของผู้ตอบถูกในข้อที่ i

q_i คือ สัดส่วนของผู้ตอบผิดในข้อที่ i

4.5 ตรวจสอบหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index: RAI) ของแบบประเมินภาคปฏิบัติในสวนเกณฑ์การให้คะแนน แบบมาตรฐานค่า 4 ระดับ โดยใช้กรณีที่มีพฤติกรรมบ่งชี้หลายตัวนักเรียนหลายคน มีสูตรการคำนวณ ดังนี้ (สุรชัย มีชาญ, 2557, หน้า 124)

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |R_{mnk} - \bar{R}_{nk}|}{KN(M-1)(I-1)}$$

เมื่อ RAI คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

R_{mnk} คือ คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ m ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k ($m=1,2,3,\dots,M$; $n=1,2,3,\dots,N$; $k=1,2,3,\dots,K$)

\bar{R}_{nk} คือ คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k ซึ่งคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\bar{R}_{nk} = \frac{\sum_{m=1}^M R_{mnk}}{M}$$

เมื่อ K คือ จำนวนพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด

N คือ จำนวนนักเรียนทั้งหมด

M คือ จำนวนของผู้ประเมินทั้งหมด

I คือ จำนวนคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้ (ตามเกณฑ์การให้คะแนน)

5. สถิติที่ใช้ทดสอบสมมติฐานการวิจัย

5.1 การทดสอบสมมติฐานการแจกแจงปกติด้วย Shapiro-Wilk test

การทดสอบนี้เป็นวิธีการทดสอบที่เหมาะสมกับขนาดตัวอย่างที่ค่อนข้างต่ำ นั่นคือสามารถใช้ได้กับกรณีขนาดตัวอย่างไม่เกิน 30 ได้ และลักษณะการแจกแจงข้อมูลเป็นแบบต่อเนื่อง (ศิริภรณ์ เข้มทิศ, 2558, หน้า 25)

สมมติฐาน

$H_0: \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ คะแนนมีการแจกแจงแบบปกติ

$H_1: \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ คะแนนมีการแจกแจงแบบไม่ปกติ หรือมีการแจกแจง

ในลักษณะอื่น

การคำนวณ คำนวณหาตัวสถิติทดสอบโดยเรียงลำดับค่าสังเกต n ค่า จากน้อยไปหามาก

$$x_{(1)} \leq x_{(2)} \leq \dots \leq x_{(n)}$$

ตัวสถิติทดสอบ คือ

$$W_{cal} = \frac{b^2}{\sum_{i=1}^k (x_i - \bar{x})^2}$$

เมื่อ $b = \sum_{i=1}^k a_{n-i+1} (x_{n-i+1} - x_i)$

โดย a_{n-i+1} คือ สัมประสิทธิ์ของ W-test ในการทดสอบการแจกแจงแบบปกติโดยเปิดจากตาราง Coefficients $\{a_{n-i+1}\}$ for the W test for Normality สำหรับ $n \leq 50$

และ $k = \begin{cases} \frac{n}{2} & \text{เมื่อ } n \text{ เป็นเลขคู่} \\ \frac{n-1}{2} & \text{เมื่อ } n \text{ เป็นเลขคี่} \end{cases}$

เกณฑ์ตัดสินใจ

จะปฏิเสธ H_0 เมื่อ W_{cal} มีค่าน้อย ๆ โดยค่า W_{cal} มีค่ามากกว่าศูนย์เสมอ ดังนั้น $p\text{-value} = p(W < W_{cal})$ หรือสามารถหาค่าวิกฤตได้จากตาราง Percentage point of the W test for Normality สำหรับ n มีค่าตั้งแต่ 3 ถึง 50

5.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่มกับเกณฑ์หรือค่ามาตรฐาน (One - Sample T test) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 240)

สมมติฐาน

$$H_0: \mu = \mu_0$$

$$H_1: \mu > \mu_0$$

การคำนวณ

กำหนด $\alpha = .05$

ตัวสถิติทดสอบ คือ
$$t = \frac{\bar{X} - \mu}{s / \sqrt{N}}$$

เมื่อ $df = N - 1$

กำหนดขอบเขตวิกฤตโดยหาค่า t วิกฤต (t_α หรือ $t_{\frac{\alpha}{2}}$)

โดย $t \geq t_\alpha$ สำหรับ $H_1: \mu > \mu_0$

เกณฑ์ตัดสินใจ

$$t \geq t_{\text{Critical}} \text{ จะปฏิเสธ } H_0$$

$$t < t_{\text{Critical}} \text{ จะยอมรับ } H_0$$

5.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่สัมพันธ์กันหรือไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent samples) (ยุทธ ไทยวรรณ, 2543, หน้า 148)

สมมติฐาน

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 < \mu_2$$

การคำนวณ

ตัวสถิติทดสอบ คือ

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

เมื่อ $df = N - 1$

กำหนดขอบเขตวิกฤตโดยหาค่า t วิกฤต (t_α หรือ $t_{\frac{\alpha}{2}}$)

โดย D แทน ผลต่างระหว่างข้อมูลแต่ละคู่

n แทน จำนวนคู่ของข้อมูล

เกณฑ์ตัดสินใจ

$t \geq t_{\text{Critical}}$ จะปฏิเสธ H_0

$t < t_{\text{Critical}}$ จะยอมรับ H_0

5.4 การคำนวณคะแนนพัฒนาการ

การประมาณค่าคะแนนพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ที่เสนอ โดย ศิริชัย กาญจนวาสี (Kanjanawasee, 1989) สามารถแก้ปัญหาอิทธิพลเพดานได้มีสูตรและวิธีการคำนวณตามวิธีวัดคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative Gain Score) ดังนี้

$$GS(\%) = \frac{(Y - X)}{(F - X)} \times 100$$

เมื่อ $GS(\%)$ คือ คะแนนร้อยละของพัฒนาการของผู้เรียน (Development Score or Gain Score) (คิดเป็นร้อยละ)

X คือ คะแนนวัดครั้งก่อน

Y คือ คะแนนวัดครั้งหลัง

F คือ คะแนนเต็ม

บทที่ 4

ผลการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลและเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตอนที่ 2 ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตอนที่ 1 ผลการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและตรวจสอบคุณภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ผลการวิจัยดังนี้

1. ผลการสร้างกิจกรรมการเรียนรู้

กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นสอดคล้องกับสาระเคมี ข้อ 2 และผลการเรียนรู้ ม.5/4 – ม.5/6 สาระการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่บูรณาการร่วมกับวิชาคณิตศาสตร์ เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) และวิศวกรรม ได้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จำนวน 3 แผนการจัดการเรียนรู้ ดังตาราง 19

ตาราง 19 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา	ชื่อกิจกรรม	เวลาเรียน (ชั่วโมง)
1	นักทำความสะอาดมือโปร	12
2	มิตรภาพแห่งเพื่อน	5
3	ลูกโป่งสวรรค์	5
รวม		22

2. ผลการประเมินและปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้

2.1 ผลการประเมินความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้

เมื่อนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่านเพื่อประเมินความเหมาะสมในองค์ประกอบต่าง ๆ ของกิจกรรมการเรียนรู้ สรุปได้ดังตาราง 20

ตาราง 20 ผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (n = 5)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความเหมาะสม
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้			
1.1 สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
	เฉลี่ย 4.53	0.52	มากที่สุด

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (n = 5)	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความ เหมาะสม
2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.53	0.51	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้			
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
3.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	4.67	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.71	0.46	มากที่สุด
4. สาระสำคัญ			
4.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.53	0.51	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้			
5.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ ผลการเรียนรู้	4.53	0.52	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.67	0.49	มากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4.67	0.49	มากที่สุด
5.4 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.67	0.49	มากที่สุด
5.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความ ชัดเจนน่าสนใจ	4.27	0.59	มาก

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (n = 5)	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความ เหมาะสม
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินครบตามแนวทาง ของสะเต็มศึกษา	4.80	0.41	มากที่สุด
5.7 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการริเริ่ม ความคิดหรือพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิม มี ความใหม่อย่างชัดเจน นำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ในทางที่ดี	4.53	0.74	มากที่สุด
5.8 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด พฤติกรรมที่แสดงถึงความสามารถในการใช้ เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพรวมทั้งการวิเคราะห์ ส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการทั้งหมด และหา แนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์	4.73	0.46	มากที่สุด
5.9 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด ความสามารถในการสื่อสารความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมี ประสิทธิภาพและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ สำเร็จตามเป้าหมาย	4.47	0.64	มาก
5.10 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	4.67	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.60	0.54	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล			
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
6.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	4.40	0.51	มาก
6.4 กำหนดเกณฑ์การวัดและประเมินผลที่เข้าใจง่าย	4.40	0.51	มาก
เฉลี่ย	4.58	0.50	มากที่สุด

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย (n = 5)	ส่วน เบี่ยงเบน มาตรฐาน	ระดับความ เหมาะสม
7. สื่อและแหล่งเรียนรู้			
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	4.73	0.46	มากที่สุด
7.4 เหมาะสมกับเวลาและวัยของผู้เรียน	4.13	0.64	มาก
เฉลี่ย	4.58	0.56	มากที่สุด
8. เวลา			
8.1 เวลาในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.07	0.80	มาก
8.2 เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	4.13	0.74	มาก
เฉลี่ย	4.10	0.76	มาก
ภาพรวม	4.56	0.56	มากที่สุด

จากตาราง 20 พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาพรวมมีความเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, $S.D. = 0.56$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านทั้ง 8 ด้าน พบว่า ด้านที่มีความเหมาะสมในระดับมากที่สุดจำนวน 7 ด้านคือ ด้านที่ 1 สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.53$, $S.D. = 0.52$) ด้านที่ 2 ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.53$, $S.D. = 0.51$) ด้านที่ 3 จุดประสงค์การเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.71$, $S.D. = 0.46$) ด้านที่ 4 สาระสำคัญ ($\bar{X} = 4.53$, $S.D. = 0.51$) ด้านที่ 5 กิจกรรมการเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.60$, $S.D. = 0.54$) ด้านที่ 6 การวัดและประเมินผล ($\bar{X} = 4.58$, $S.D. = 0.50$) และด้านที่ 7 สื่อและแหล่งเรียนรู้ ($\bar{X} = 4.58$, $S.D. = 0.56$) และมีความเหมาะสมระดับมากจำนวน 1 ด้าน คือ ด้านที่ 8 เวลา

2.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้

การประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ดำเนินการประเมินประสิทธิภาพจำนวน 3 ขั้นตอน คือ การประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1) แบบกลุ่มเล็ก (1:3) และแบบภาคสนาม กับนักเรียนซึ่งมีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง ผลการประเมินประสิทธิภาพ มีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ประเมินประสิทธิภาพแบบหนึ่งต่อหนึ่ง (1:1)

เมื่อนำกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเวลา และกิจกรรมในด้านภาษา เนื้อหาและสื่อการเรียนรู้ ได้ผลการประเมินประสิทธิภาพ ดังตาราง 21

ตาราง 21 ผลการประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบหนึ่งต่อหนึ่ง

ประเด็น	ปัญหา	การแก้ไข
ด้าน กิจกรรม การเรียนรู้	1. นักเรียนไม่เข้าใจกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยเฉพาะขั้นตอนที่ 3 การออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และขั้นตอนที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	1. ชี้แจงเพิ่มเติมและเพิ่มคำอธิบายในแบบบันทึกกิจกรรม พร้อมกับยกตัวอย่างวิธีการออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหา
	2. การกำหนดเงื่อนไขสำหรับใช้แก้ปัญหาไม่รัดกุม ทำให้นักเรียนกลุ่มเก่งออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้นอกกรอบเกินกว่าที่จะสามารถวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาในห้องปฏิบัติการได้	2. กำหนดเงื่อนไขและวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาให้รัดกุมมากขึ้น

ตาราง 21 (ต่อ)

ประเด็น	ปัญหา	การแก้ไข
	3. ใบบิจกรรมมีมากทำให้เกิดความล้าช้า และสับสนระหว่างทำกิจกรรม นักเรียนกลุ่มอ่อนดำเนินกิจกรรมได้ช้ากว่ากลุ่มเก่งมาก	3. การดำเนินกิจกรรมในแต่ละกิจกรรมจะรวบรวมใบบิจกรรมไว้เป็นเล่มมีการกำหนดหมายเลขหน้าชัดเจนเพื่อไม่ให้เกิดความสับสนระหว่างทำกิจกรรม
ด้านเวลา การจัด กิจกรรม การเรียนรู้	1. นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมมากกว่าที่กำหนด โดยเฉพาะขั้นตอนที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ซึ่งนักเรียนจะใช้เวลาในการทำกิจกรรมมาก	1. ปรับเวลาการปฏิบัติกิจกรรมให้เหมาะสม 2. ตั้งคำถามที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในบางส่วนแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มคิดและสืบค้นข้อมูลนอกเวลาเรียนแล้วนำมาอภิปรายในห้องเรียน
	2. การนำเสนอผลงานรายบุคคลของนักเรียนใช้เวลานานทำให้ใช้เวลามากกว่ากำหนดและการสังเกตพฤติกรรมนักเรียนทุกคนทำได้ยาก	1. ปรับรูปแบบการนำเสนอโดยให้นักเรียนนำเสนอที่กลุ่มแล้วให้บันทึกวิดีโอระหว่างการนำเสนอ ประกอบกับการสังเกตของผู้วิจัย

จากตาราง 21 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้มีการแก้ไขขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในขั้นตอนที่ 3 และขั้นตอนที่ 4 โดยเพิ่มคำอธิบายในแบบบันทึกกิจกรรมพร้อมกับอธิบายและยกตัวอย่างวิธีการออกแบบและวางแผนการแก้ปัญหาให้นักเรียนทราบ และในด้านของเวลาผู้วิจัยได้ปรับเวลาการปฏิบัติกิจกรรมให้เหมาะสม และรวบรวมใบบิจกรรมทำเป็นเล่มที่การกำหนดเลขหน้าชัดเจน เพื่อป้องกันความสับสนระหว่างปฏิบัติกิจกรรม ผู้วิจัยกระชับเวลาในการดำเนินกิจกรรมขั้นตอนที่ 2 ด้วยวิธีใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมในบางส่วนแล้วให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสืบค้นข้อมูลนอกเวลาเรียนแล้วนำมาอภิปรายในห้องเรียน ส่วนการนำเสนอผลงานรายบุคคลผู้วิจัยได้ปรับรูปแบบจากการนำเสนอหน้าชั้นเรียนเป็นการนำเสนอที่กลุ่มแล้วให้บันทึกวิดีโอระหว่างการนำเสนอประกอบการสังเกตของผู้วิจัย

2.2.2 ประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมแบบกลุ่มเล็ก (1:3)

เมื่อทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 9 คน ได้ผลการประเมินการเรียนรู้จากกระบวนการ และผลลัพธ์ของกิจกรรมดังตาราง 22

ตาราง 22 ผลการประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบหนึ่งต่อสาม

รายการ	คะแนนระหว่างเรียน			รวม	คะแนนหลังเรียน
	แผนฯ 1	แผนฯ 2	แผนฯ 3		
คะแนนเต็ม	300.00	300.00	300.00	900.00	300.00
คะแนนรวม	1,936.00	1,971.00	2,224.00	6,131.00	2,032.00
คะแนนเฉลี่ย	215.11	219.00	247.11	681.22	225.78
คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	71.70	73.00	82.37	75.69	75.26

E_1 / E_2 เท่ากับ 75.69/75.26

จากตาราง 22 พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ E_1 / E_2 เท่ากับ 75.69/75.26

2.2.3 ประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมแบบภาคสนาม

เมื่อทดลองใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 25 คน ได้ผลการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมจากกระบวนการ และผลลัพธ์ของกิจกรรมดังตาราง 23

ตาราง 23 ผลการประเมินประสิทธิภาพกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบภาคสนาม

รายการ	คะแนนระหว่างเรียน			รวม	คะแนน หลังเรียน
	แผนฯ 1	แผนฯ 2	แผนฯ 3		
คะแนนเต็ม	300.00	300.00	300.00	900.00	300.00
คะแนนรวม	5,422.00	5,475.00	6,153.00	17,050.00	5,670.00
คะแนนเฉลี่ย	216.88	219.00	246.12	682.00	226.80
คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	72.29	73.00	82.04	75.78	75.60
E_1 / E_2 เท่ากับ 75.78/75.60					

จากตาราง 23 พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีประสิทธิภาพ 75.78/75.60

ตอนที่ 2 ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยนำเสนอผลการศึกษาดังต่อไปนี้

1. ผลการศึกษาพัฒนาการด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมทั้งก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจากแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งมีคะแนนเต็ม 300 คะแนน แบ่งเป็นทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

และทักษะการสื่อสารและการร่วมมือมาวิเคราะห์ ด้านละ 100 คะแนน สามารถจำแนกนักเรียนตามระดับทักษะได้ดังตาราง 24

ตาราง 24 จำนวนนักเรียน ร้อยละ และระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ดีเยี่ยม	0	0.00	6	20.69
ดี	0	0.00	12	41.38
ปานกลาง	0	0.00	8	27.59
พอใช้	3	10.34	3	10.34
ควรปรับปรุง	26	89.66	0	0.00

จากตาราง 24 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษา นักเรียนมีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนเรียนอยู่ในระดับควรปรับปรุง จำนวน 26 คน คิดเป็นร้อยละ 89.66 และอยู่ในระดับพอใช้จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10.34 และหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษานักเรียนมีระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในระดับพอใช้จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 10.34 ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 27.59 ระดับดีจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 41.38 และระดับดีเยี่ยม จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 20.69

ทั้งนี้ มีนักเรียนที่มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนเรียนอยู่ในระดับควรปรับปรุง เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษามีระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเพิ่มขึ้นไปอยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 13.79 ระดับปานกลาง จำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 27.58 ระดับดี จำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 37.93 และระดับดีเยี่ยม จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 13.79 นอกจากนี้ นักเรียนที่มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนเรียนอยู่ในระดับพอใช้ เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษามีระดับทักษะการเรียนรู้

และนวัตกรรมเพิ่มขึ้นไปอยู่ในระดับดีจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.45 และระดับดีเยี่ยมจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 3.45

ซึ่งเมื่อศึกษาระดับพัฒนาการของนักเรียนด้วยคะแนนที่ได้จากแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาโดยวัดคะแนนเพิ่มสัมพัทธ์ (Relative gain score) ได้ผลการศึกษาดังตาราง 25

ตาราง 25 คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	คะแนนเฉลี่ย	ร้อยละคะแนนเฉลี่ย	คะแนนความแตกต่าง	คะแนนพัฒนาการ	ระดับพัฒนาการ
ก่อนเรียน	117.55	39.18	97.31	53.34	ระดับสูง
หลังเรียน	214.86	71.62			

จากตาราง 25 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เท่ากับ 117.55 และ 214.86 ตามลำดับ ในภาพรวมมีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูง ($\bar{X} = 53.34$) และเมื่อนำคะแนนมาคำนวณคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์แล้วแจกแจงความถี่ได้ดังตาราง 26

ตาราง 26 ระดับพัฒนาการทางด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมนักเรียน

เกณฑ์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ	คะแนนเฉลี่ยพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ
76 – 100	สูงมาก	76.36	1	3.45
51 – 75	สูง	59.49	18	62.07
26 – 50	กลาง	43.22	11	37.93
0 - 25	ต่ำ	-	-	-

จากตาราง 26 พบว่า หลังจากที่นักเรียนได้เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีพัฒนาการทางด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ในระดับสูงมากจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 3.45 ระดับสูงจำนวน 18 คน คิดเป็นร้อยละ 62.07 และระดับกลางจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 37.93

นอกจากนี้เมื่อศึกษาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้ ด้วยประเมินภาคปฏิบัติ ได้ผลการประเมินดังตาราง 27

ตาราง 27 ระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้

ระดับทักษะการเรียนรู้และ นวัตกรรม	จำนวนนักเรียน [คน (ร้อยละ)]		
	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3
1. ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม			
ดีเยี่ยม	3(10.34)	9 (31.03)	13(44.83)
ดี	0(0.00)	6(20.69)	13(44.83)
ปานกลาง	9(31.03)	13(44.83)	3(10.34)
พอใช้	6(20.69)	1(3.45)	0(0.00)
ควรปรับปรุง	11(37.93)	0(0.00)	0(0.00)
2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา			
ดีเยี่ยม	0(0.00)	4(13.79)	7(24.14)
ดี	0(0.00)	7(24.14)	11(37.93)
ปานกลาง	8(27.59)	8(27.59)	8(27.59)
พอใช้	6(20.69)	8(27.59)	3(10.34)
ควรปรับปรุง	15(51.72)	2(6.90)	0(0.00)
3. ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ			
ดีเยี่ยม	3(10.34)	12(41.38)	23(79.31)
ดี	11(37.93)	12(41.38)	5(17.24)
ปานกลาง	11(37.93)	5(17.24)	1(3.45)
พอใช้	4 (13.79)	0(0.00)	0(0.00)
ควรปรับปรุง	0(0.00)	0(0.00)	0(0.00)

จากตาราง 27 จะเห็นได้ว่าหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 นั้นนักเรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสูงขึ้น ทั้งทักษะ การสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และทักษะ การสื่อสารและการร่วมมือในแต่ละกิจกรรมสอดคล้องกับผลการวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

2. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนและหลังการ ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตาม แนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เมื่อนำคะแนนการทดสอบทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ทั้งก่อนและหลังเรียน ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสำหรับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มาทดสอบ การแจกแจงโดยใช้ Shapiro-Wilk Test พบว่า คะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมทั้งก่อนและ หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้มีการแจกแจงแบบปกติที่ระดับนัยสำคัญ .05 (ตาราง 53) ดังนั้นในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงใช้สถิติอิงพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเปรียบเทียบทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรม การเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะ การเรียนรู้และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาด้วยการใช้สถิติทดสอบที่ (Paired Samples t-test) ได้ผลดังตาราง 28

ตาราง 28 ผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนและหลังเรียนด้วย กิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน (n = 29)

การทดสอบ	\bar{X}	S.D.	\bar{D}	S.D. _D	t	Sig.(1-tailed)
ก่อนเรียน	117.55	24.26				
หลังเรียน	214.86	27.39	97.31	15.46	33.89	0.00

จากตาราง 28 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เฉลี่ย เท่ากับ 117.55 คะแนน และ 214.86 คะแนน ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เมื่อนำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มาทดสอบการแจกแจงโดยใช้ Shapiro-Wilk Test พบว่า คะแนนการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนมีการแจกแจงแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (ตาราง 53) ดังนั้นจึงสามารถใช้สถิติอิงพารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ศึกษาด้วยการใช้สถิติทดสอบที (Paired Samples t-test) ได้ผลดังตาราง 29

ตาราง 29 ผลการเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (n = 29)

การทดสอบ	\bar{X}	S.D.	\bar{D}	S.D. _D	t	Sig.(1-tailed)
ก่อนเรียน	7.59	3.28				
หลังเรียน	23.41	2.86	15.83	1.65	51.69	0.00

จากตาราง 29 พบว่าการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 7.59 และ 23.41 คะแนน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคะแนนก่อนและหลังเรียน พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 75

การเปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กับเกณฑ์ร้อยละ 75 ศึกษาด้วยการใช้สถิติทดสอบที (t - test one sample) ได้ผลการศึกษาดังตาราง 30

ตาราง 30 ผลการเปรียบเทียบเกณฑ์ร้อยละ 75 กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	\bar{X}	S.D.	% of Mean	t	Sig (1-tailed)
หลังเรียน	29	30	23.41	2.86	78.05	1.72	0.04

จากตาราง 30 พบว่า การผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.41 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 78.05 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเกณฑ์ร้อยละ 75 กับคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนของนักเรียน พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หลังดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ทั้ง 3 แผนการจัดการเรียนรู้เสร็จสิ้น ผู้วิจัยได้สอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 3 ด้าน คือ ด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการ และด้านผลผลิตได้ผลการศึกษา ดังตาราง 31

ตาราง 31 ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	สรุปผล
ด้านปัจจัยนำเข้า			
1. เนื้อหาที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับนักเรียน	4.10	0.67	พึงพอใจระดับมาก
2. คำชี้แจงกิจกรรม ชัดเจนอ่านแล้วเข้าใจง่าย	3.72	0.88	พึงพอใจระดับมาก
3. ใบกิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสม	4.07	0.70	พึงพอใจระดับมาก
เฉลี่ย	3.97	0.77	พึงพอใจระดับมาก
ด้านกระบวนการ			
4. เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพียงพอต่อการเรียนรู้ของนักเรียน	3.55	0.69	พึงพอใจระดับมาก
5. ความหลากหลาย และความท้าทายในการแก้ปัญหาของกิจกรรม	4.52	0.69	พึงพอใจระดับมากที่สุด

ตาราง 31 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	สรุปผล
6. ขั้นตอนของกิจกรรมนักเรียนสามารถปฏิบัติได้	3.97	0.73	พึงพอใจระดับมาก
7. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนมีการริเริ่มความคิดหรือพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิม โดยมีความใหม่อย่างชัดเจน และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น	4.24	0.79	พึงพอใจระดับมาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ปัญหา และหาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์	4.55	0.51	พึงพอใจระดับมากที่สุด
9. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนสื่อสารความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย	4.38	0.82	พึงพอใจระดับมาก
10. การประเมินท้ายกิจกรรมช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาตนเอง	4.24	0.83	พึงพอใจระดับมาก
เฉลี่ย	4.21	0.79	พึงพอใจระดับมาก
ด้านผลผลิต			
11. นักเรียนมีการริเริ่มความคิดหรืออยากพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิมให้มีความใหม่อย่างเห็นได้ชัดและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น	3.86	0.79	พึงพอใจระดับมาก
12. เมื่อเกิดปัญหานักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ ส่วนต่าง ๆ ของ	4.55	0.69	พึงพอใจระดับมากที่สุด

ตาราง 31 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	สรุปผล
กระบวนการทั้งหมดของปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหาแนวทางการแก้ปัญหาได้เหมาะสมและไม่ใช้ภาษารวมทั้งการฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพ			
14. ขณะทำงานกลุ่มนักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย	3.79	0.77	พึงพอใจระดับมาก
15. การเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	4.48	0.57	พึงพอใจระดับมาก
เฉลี่ย	4.24	0.74	พึงพอใจระดับมาก
ภาพรวม	4.19	0.77	พึงพอใจระดับมาก

จากตาราง 31 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้ภาพรวมในระดับมาก ($\bar{X} = 4.19$, $S.D. = 0.77$) และเมื่อพิจารณาทั้ง 3 ด้าน พบว่า ด้านปัจจัยนำเข้ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 3.97$, $S.D. = 0.77$) ด้านกระบวนการมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.21$, $S.D. = 0.79$) และด้านผลผลิตมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.24$, $S.D. = 0.74$)

เมื่อวิเคราะห์หัตถ์นุทินการเรียนรู้ของนักเรียนที่ให้บันทึกมุมมองหรือความคิดเห็นเกี่ยวกับกิจกรรม พบว่า นักเรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้น มีความสนุกสนานและตื่นตัวในการทำกิจกรรมร่วมกับเพื่อนส่งผลให้บรรยากาศในการเรียนรู้ไม่น่าเบื่อ

- นักเรียนมีมุมมองหรือความคิดเห็นอย่างไรต่อวิธีการเรียนในครั้งนี้

.....
 สนุกดีได้ เสริมสร้างการเรียนรู้

1. ได้ทำกิจกรรมสนุกๆ ทำให้นักเรียนสนใจมากขึ้น
2. ดีมาก เพราะ ได้คิดค้นทดลอง หรือ ทำอะไรก็ได้กับเพื่อนในคณะ
3. ได้เรียนรู้แบบใหม่ ๆ ทำให้นักเรียนได้รู้ถึงบทเรียนมากขึ้น

ภาพ 10 มุมมองและความคิดเห็นนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1

นอกจากนี้กิจกรรมที่มีความท้าทายยังส่งเสริมให้นักเรียนมีความพยายาม ความกล้าในการทำสิ่งต่าง ๆ มากขึ้นถึงแม้จะมีอุปสรรคหรือปัญหา แต่เมื่อสามารถแก้ปัญหาได้นักเรียนก็เกิดความมั่นใจและภาคภูมิใจในตัวเองมากขึ้น

- นักเรียนมีมุมมองหรือความคิดเห็นอย่างไรต่อวิธีการเรียนในครั้งนี้

.....
 ดีมาก ๆ สนุกดี สนุกและได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนๆ ที่เห็นเห็น และมีข้อคิดที่ฝากมาเยอะ แต่ที่ร่วมกันแก้ไขได้มาก

.....
 ดีมาก ๆ ค่ะ สนุก และได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ไปพร้อมๆ กัน พอได้ทำเมื่อไม่ได้เป็นไปตามที่ต่อมาก็รู้สึกดีใจตัวเองมาก ๆ แต่พอทำได้อีกก็รู้สึกว่า ในบทเรียนนี้ น่าภูมิใจที่รู้ว่า ได้สำเร็จแล้ว

.....
 ในบทเรียนนี้ ขนลุกๆ เป็นช่วงที่สับสนๆ ได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนๆ ได้รับความรู้ใหม่ๆ และสนุกมาก

ภาพ 11 ความคิดเห็นของนักเรียนต่อกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 2 – 3

บทที่ 5

บทสรุป

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีวิจัยและพัฒนา (Research and Development) ในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีจุดมุ่งหมายของการวิจัยเพื่อ (1) สร้างและหาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75 (2) ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 และ (3) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30 ปีการศึกษา 2562 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 29 คน สุ่มด้วยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ (1) กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จำนวน 3 กิจกรรม ใช้เวลาจัดกิจกรรมรวม 22 ชั่วโมง (2) แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย แบบวัดความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา และแบบวัดการสื่อสารและการร่วมมือ (3) แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบเลือกตอบ 1 คำตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ (4) แบบประเมินภาคปฏิบัติ ประกอบด้วย แบบสังเกตการสื่อสาร แบบสังเกตการนำเสนองาน แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน และเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 4 ระดับ

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นประกอบด้วย 3 กิจกรรม คือ กิจกรรมนักทำความสะอาดมือโปร กิจกรรมมิตรภาพแห่งเพื่อน และกิจกรรมลูกโป่งสวรรค์ ใช้เวลาเรียนรวม 22 ชั่วโมง โดยแต่ละกิจกรรมมีขั้นตอนจัดกิจกรรม 6 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 ระบุปัญหาเป็นการทำความเข้าใจปัญหาหรือความท้าทาย วิเคราะห์เงื่อนไขหรือข้อจำกัดของสถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดขอบเขตของปัญหา ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างวิธีการในการแก้ปัญหา ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อจำกัด ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเป็นการประยุกต์ใช้ข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องเพื่อการออกแบบวิธีการในการแก้ปัญหา โดยคำนึงถึงทรัพยากร ข้อจำกัดและเงื่อนไขตามสถานการณ์ที่กำหนด ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหาเป็นการกำหนดลำดับขั้นตอนของการสร้างวิธีการแก้ปัญหา แล้วลงมือสร้างชิ้นงานหรือพัฒนาวิธีการเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการเป็นการทดสอบและประเมินการวิธีการแก้ปัญหา โดยผลที่ได้ อาจนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมที่สุด และขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาเป็นการนำเสนอแนวคิดและขั้นตอนการแก้ปัญหาของการพัฒนาวิธีการ ให้ผู้อื่นเข้าใจและได้ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อไป ซึ่งกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน มีความเห็นว่างค์ประกอบของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยภาพรวมมีความสอดคล้องเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, $S.D. = 0.56$) และกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 75.78/75.60 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75

2. ผลการวิเคราะห์ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้

2.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียน เฉลี่ย 214.86 คะแนน จากคะแนนเต็ม 300 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.62 ซึ่งทักษะการเรียนรู้และ นวัตกรรมอยู่ในระดับดี (ร้อยละ 70 – 79) และมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

2.2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูง กว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พึงพอใจต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชา เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.19$, $S.D. = 0.77$)

อภิปรายผล

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยมีประเด็นที่สามารถนำมาอภิปรายได้ดังนี้

1. จากผลการสร้างและศึกษาประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามเกณฑ์ 75/75 ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่านมีความเห็นในภาพรวมว่ากิจกรรมการเรียนรู้มีความสอดคล้องเหมาะสมระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$, $S.D. = 0.56$) และกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 75.78/75.60 กล่าวคือ เมื่อนักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้นักเรียนมีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมจากกระบวนการ เฉลี่ยร้อยละ 75.78 และมีคะแนนจากแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมซึ่งเป็นคะแนนผลลัพธ์ เฉลี่ยร้อยละ 75.60 ทั้งนี้คะแนนจากกระบวนการและผลลัพธ์มีค่าใกล้เคียงกันโดยมีความคลาดเคลื่อนระหว่างผลการประเมิน เท่ากับร้อยละ 0.18 ซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 5 จึงถือว่ากิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพยอมรับได้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556, หน้า 18) นอกจากนี้ผลการประเมินจากกระบวนการและผลลัพธ์ยังสะท้อนให้เห็นถึงกิจกรรมการเรียนรู้สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมให้มีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมอย่างต่อเนื่องตามลำดับขั้นตอนของกิจกรรมการเรียนรู้และเกิดเป็นพฤติกรรมที่คงทนได้ฉะนั้นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ 75/75ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้เนื่องมาจากกิจกรรมการเรียนรู้ยังส่งเสริมให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ การสื่อสารและได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมกลุ่มทำให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ซึ่งเนื้อหากิจกรรมมีความง่ายเหมาะสมกับระดับของนักเรียน ทันสมัย น่าสนใจ และสถานการณ์แก้ปัญหาของกิจกรรมมีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน สอดคล้องกับแนวคิดของ Koehler, Faraclas, Giblin, Moss and Kazerounian (2013) อ้างถึงใน สิริณา กิจเกื้อกูล (2558, หน้า 203) ที่กล่าวว่า จัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการรู้ทำให้สามารถนำเนื้อหาความรู้ และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันและสามารถตัดสินใจในสถานการณ์ปัญหาอย่างผู้มีความรู้และความเข้าใจอีกทั้งการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายสร้างความสนใจให้ผู้เรียนและส่งเสริมให้นักเรียนมีการบูรณาการความรู้ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์มาแก้ไขและออกแบบชิ้นงาน ผลการวิจัยนี้ยังมีผลเช่นเดียวกับ ธนวรรณ ศรีวิบูลย์รัตน์ และอังคณา อ่อนธานี (2562, หน้า 197 - 207) ที่ได้พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดแก้ปัญหา เรื่อง งานและ

พลังงานรายวิชาฟิสิกส์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ 79.03/78.47 ซึ่งผ่านเกณฑ์ 75/75

2. ผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทาง สะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

2.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ปีที่ 5 นี้ผู้วิจัยได้มุ่งเน้นศึกษาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม โดยนักเรียนต้องมีการศึกษา สถานการณ์ที่มีความเชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน และสร้างรูปแบบวิธีการแก้ปัญหาให้มีความ สอดคล้องและเหมาะสมกับสถานการณ์โดยอาศัยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 6 ขั้นตอน รวมทั้งผู้วิจัยได้ศึกษาระดับทักษะและระดับพัฒนาการด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของ นักเรียน

การวิจัยครั้งนี้พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมหลังเรียนเฉลี่ยอยู่ในระดับดี และมีพัฒนาการอยู่ในระดับสูง นอกจากนี้ทักษะ การเรียนรู้และนวัตกรรมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาผู้วิจัยได้ออกแบบโดยมี เป้าหมายในการปรับพฤติกรรมของผู้เรียนให้เกิดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม 3 ทักษะ ประกอบด้วย 1) ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม 2) ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ การแก้ปัญหา 3) การสื่อสารและการร่วมมือ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำทนายให้นักเรียนประมวลความรู้ และทักษะทั้งหมดเพื่อนำไปสู่การคิดออกแบบวิธีแก้ไขปัญหาลงมือสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหา จากสถานการณ์ด้วยตนเอง สอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (Constructionism) ที่ว่าด้วย เรื่องของบุคคลจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีหากมีการนำความรู้ไปใช้สร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง ซึ่งการ นำสถานการณ์ปัญหาที่อิงบริบทในชีวิตจริงมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเอื้อให้นักเรียนคิด ออกแบบวิธีการแก้ปัญหานั้น สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ การแก้ปัญหามีทักษะการสื่อสารและรู้จักทำงานเป็นทีม ซึ่งนำไปสู่การคิดเพื่อสร้างผลงานใหม่และ เกิดการเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้นได้ (อาทิตย์ จิมกุล, 2559, หน้า 88) สอดคล้องกับเบญจวรรณ ถนอมชยธวัช และคณะ (2559, หน้า 215) ที่กล่าวว่า หากสามารถส่งเสริมให้ใช้วิธีคิดเชิงระบบ

โดยคิดจากส่วนย่อยไปหาส่วนใหญ่อย่างเป็นองค์รวมอย่างเป็นระบบ รู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่นและมองเห็นคุณค่าของการทำงานเป็นทีม มีความละเอียดรอบคอบต่อการคิดวิเคราะห์จนสามารถประเมินแนวความคิดเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงพัฒนางานในเชิงสร้างสรรค์จะสามารถพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมให้เกิดผลสำเร็จได้

หากพิจารณาถึงทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีระดับทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมอยู่ในระดับควรปรับปรุง ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่านักเรียนยังขาดประสบการณ์หรือขาดโอกาสในการพัฒนาทักษะต่าง ๆ ได้แก่ ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ทักษะการสื่อสารและความร่วมมือ ทำให้ผลการวัดอยู่ในระดับควรปรับปรุง แต่เมื่อทำกิจกรรมการเรียนรู้ นักเรียนจะต้องอาศัยทั้งทักษะดังกล่าวอยู่ตลอดการปฏิบัติกิจกรรมทำให้นักเรียนมีผลการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมจากภาคปฏิบัติในกิจกรรมที่ 3 สูงกว่ากิจกรรมที่ 2 และในกิจกรรมที่ 2 นักเรียนมีคะแนนสูงกว่าในกิจกรรมที่ 1 ซึ่งสอดคล้องกับกฎแห่งการฝึกหัดหรือการกระทำซ้ำ (The Law of Exercise or Repetition) ตามแนวคิดของธอร์นไคค์ (Gredler, 1997, p. 24) ที่อธิบายว่าการกระทำซ้ำหรือการฝึกหัดนี้ หากได้ทำบ่อย ๆ ซ้ำ จะทำให้การกระทำนั้นถูกต้องสมบูรณ์และมั่นคง และยังสอดคล้องกับผลการวัดด้วยแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมที่นักเรียนมีพัฒนาการในระดับสูงขึ้น ดังนั้นกิจกรรมการเรียนรู้จึงเป็นกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของตนเองให้สูงขึ้น เพื่อที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการดำเนินชีวิตในโลกแห่งศตวรรษที่ 21 ได้ อย่างไรก็ตามจากผลการประเมินการประเมินทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 3 ยังมีนักเรียนอีกร้อยละ 10.34 ที่มีผลการประเมินในระดับพอใช้ ทั้งนี้เกิดจากนักเรียนยังไม่สามารถจัดระบบข้อมูลเพื่อสรุปผลการแก้ปัญหาได้จึงไม่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูลให้สอดคล้องกับการออกแบบการแก้ปัญหาได้ ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการซ่อมเสริมและฝึกทักษะทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาให้นักเรียนในกลุ่มดังกล่าวในเนื้อหาอื่น ๆ เพิ่มเติมเพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาที่เพิ่มขึ้นต่อไป

2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลการวิจัยสรุปได้ว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์

ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีขั้นตอนของการสืบค้นเพื่อรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหาโดยนักเรียนจะได้สืบค้นข้อมูลสำคัญ สำหรับใช้ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา เช่น กิจกรรมการทดลอง กิจกรรมการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ แล้วนำมาอภิปรายร่วมกันเพื่อให้ได้มโนทัศน์ที่ถูกต้องจึงส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น สอดคล้องกับ Ceylan and Ozdilek (2015) ที่ได้จัดกิจกรรมให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวคิดสำหรับการสร้างนวัตกรรม และใช้สำหรับแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในรายวิชาวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งทำให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น และภายในกิจกรรมการเรียนรู้ตามสะเต็มศึกษายังมีขั้นตอนที่ให้นักเรียนได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนได้อภิปรายและสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองโดยมีครูและเพื่อนเป็นผู้ร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ จึงทำให้นักเรียนสามารถปรับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของตนเองได้ อีกทั้งยังเป็นไปได้ว่าในขั้นตอนการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) นักเรียนมีโอกาสนำความรู้ทั้งหมดจากขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา มาเชื่อมโยงกันใช้เป็นแนวคิดในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาทำให้เกิดการสร้างความเข้าใจของตนเองและเป็นความรู้ที่คงทนจึงสามารถนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ได้ดี สอดคล้องกับ Bybee (2013) ที่ได้ระบุว่า กิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษามีขั้นตอนการจัดกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนต้องมีการบูรณาการความรู้ไปใช้ในการคิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยผู้จัดกิจกรรมต้องมีการกำหนดองค์ความรู้ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างวิธีหรือออกแบบวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การลงมือปฏิบัติและสร้างผลงานผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จากแนวคิดข้างต้นทำสรุปได้ว่าการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ เกียรติศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560) ที่ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมีหลังการเรียนรู้นสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ต่อการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจภาพรวมอยู่ในระดับมาก ทั้งนี้เนื่องจากนักเรียนได้มีโอกาสริเริ่มความคิดหรือพัฒนาผลงาน ใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ปัญหา และหาแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องเหมาะสมกับสถานการณ์ และได้ร่วมทำงานกับกลุ่มในการปฏิบัติกิจกรรมได้สำเร็จตามเป้าหมายที่กลุ่มได้คาดหวังไว้ ทั้งนี้เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เน้นการให้อิสระในการคิด เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา และมีขั้นตอนที่นักเรียนสามารถแก้ไขนวัตกรรมที่ออกแบบให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น ซึ่งแตกต่างจากการเรียนที่ต้องทำกิจกรรมการทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ในหนังสือเรียน ดังนั้นการเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษานี้จึงทำให้นักเรียนเกิดความท้าทาย และมีความสนุกสนานในการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับ เจนจิรา สันติไพบูลย์ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2561, หน้า 69 - 85) ได้จัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิดสะเต็มร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการ และความสามารถในการสร้างสรรค์ผลงานของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนนักเรียนชอบการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากได้รับความรู้ และเกิดความสนุกสนานในด้านวิทยาศาสตร์ ด้านคณิตศาสตร์ ด้านศิลปะ ความคิดสร้างสรรค์ ในการสร้างชิ้นงานเรียนรู้สิ่งใหม่ ๆ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ไปจัดกิจกรรมในห้องเรียนควรศึกษาและทำความเข้าใจขั้นตอนกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 6 ขั้นตอน เพื่อที่จะสามารถช่วยให้จัดกิจกรรมการเรียนรู้ได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

1.2 ก่อนการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาขึ้นมีความเกี่ยวข้องกับปฏิบัติการเคมี ฉะนั้นก่อนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้จัดกิจกรรมต้องมีความรู้ ความเข้าใจ ข้อปฏิบัติเบื้องต้นในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้ความปลอดภัยทั้งต่อผู้จัดกิจกรรมเอง ผู้เรียน และสิ่งแวดล้อม

1.3 ระหว่างปฏิบัติกิจกรรมผู้เรียนจะเป็นผู้แสวงหาความรู้และสร้างความรู้ด้วยตนเองเป็นหลัก อาจทำให้นักเรียนเกิดความล่าช้าในการคิดซึ่งมักพบกับนักเรียนในกลุ่มอ่อน

ฉะนั้นผู้จัดกิจกรรมต้องมีการเสริมแรงผู้เรียน และการชี้แนะแนวทางให้แก่ผู้เรียนสามารถช่วยให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองได้มีประสิทธิภาพ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากการวิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้ช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมเพิ่มขึ้น แต่นักเรียนยังมีระดับพัฒนาการระดับกลาง (ร้อยละ 37.93) ถึงระดับสูง (ร้อยละ 62.07) ดังนั้นควรวิจัยการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมให้มีระดับพัฒนาการสูงถึงสูงมากต่อไป

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กรมวิชาการ. (2545). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.
กรุงเทพฯ: ครูสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.
สืบค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2562, จาก <http://academic.obec.go.th/newsdetail.php?id=75>
- กฤตยาพร อมรพัฒนานุกุล. (2560). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบพหุภพารณ์ที่ส่งเสริม
ความสามารถในการคิดอนาคต สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.
วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึง
พอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.,
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, ปัตตานี.
- โกวิท ประวาลพฤกษ์. (2527). การประเมินในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.
- จรรยา พิษัยคำ. (2559). ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมพัฒนาได้ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ
โครงการเป็นฐาน. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์, 11(1), 1-12.
- จิราภร คุ่มมณี, และ ปณิตา วรณพิรุณ. (2561). การเรียนรู้แบบสะเต็มเกมมิฟิเคชันเพื่อเสริมสร้าง
ทักษะด้านนวัตกรรมสร้างสรรค์ของนวัตกรรมอาชีวศึกษา. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัย
การจัดการและเทคโนโลยีอีสเทิร์น, 15(2), 162 - 177.
- เจนจิรา สันติไพบูลย์, และ วิสูตร โพธิ์เงิน. (2561). การจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามแนวคิด
STEAM ร่วมกับการสอนเชิงผลิตภาพเพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการ และความสามารถ
ในการสร้างสรรค์ผลงาน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. วารสารครุศาสตร์, 16(3),
69-85.
- เฉลิม พักอ่อน. (2552). การออกแบบการจัดการเรียนรู้อิงมาตรฐานโดยเทคนิค Backward
design : ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช2551.
กรุงเทพฯ: ประสานมิตร.
- ชนาธิป พรกุล. (2552). การออกแบบการสอน การบูรณาการ การอ่าน การคิดวิเคราะห์
และการเขียน (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2537). ชุดการสอนระดับประถมศึกษา. เอกสารการสอนชุดวิชาสื่อ
การสอนระดับประถมศึกษา หน่วยที่ 8-15. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. วารสารศิลปากร
ศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 7 - 20.
- ญาณี วัฒนากร. (2558). การพัฒนาลักษณะเฉพาะของแบบวัดทักษะการทำงานร่วมกับ
ผู้อื่นแห่งศตวรรษที่ 21 ของนิสิตนักศึกษาปริญญาตรี. วิทยานิพนธ์ ค.ม.,
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ญาติมา ไสภานิช. (2562). การพัฒนาวิธีการประเมินทักษะการแก้ปัญหาในการจัดการ
เรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.
วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ฐิตียา เนตรวงษ์. (2559). การพัฒนาทักษะการแก้ปัญหาด้วยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตาม
แนวทางสะเต็มศึกษา. วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี,
15(2), 1 - 6 .
- ทศนา แหมมณี. (2556). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธนกฤตา แจ่มดวง. (2560). แนวทางพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักศึกษา
มหาวิทยาลัยศิลปากรตามนโยบายประเทศไทย 4.0. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม.,
มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- ธนวรรณ ศรีวิบูลย์รัตน์, และ อังคณา ช่อธานี. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตาม
แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถ ในการคิดแก้ปัญหาเรื่องงาน และพลังงาน
รายวิชา ฟิสิกส์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. สักทอง: วารสารมนุษยศาสตร์
และสังคมศาสตร์ (สทมส.), 25(2), 197 - 207.
- ธีรังกูร วรบำรุงกุล, พรสวรรค์ ศิริศาสนันท์, เรืองวิชญ์ นิลโคตร, และ สมปอง มูลมณี. (2562). การ
จัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และ
นวัตกรรมของโรงเรียนในภาคตะวันออก. วารสาร Veridian E Journal, Silpakom
University สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ, 12(5), 1 - 23.
- น้ำทิพย์ งามอาภาณิชย์. (2556). การพัฒนาแบบวัดทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ตามการรับรู้
ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น: การประยุกต์ใช้แนวคิดการเข้าถึงคุณลักษณะ
ที่มุ่งวัดของแบบสอบ. วิทยานิพนธ์ ค.ศ., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- น้ำเพชร นาสารีย์, อ้อมตะวัน แสงจักรวาล, และ ชนิษฐา รุ่งวิทย์วาทัญญ. (2562). การศึกษาความสามารถในการทำโครงการสะเต็มศึกษา กระบวนการกลุ่ม ทักษะการนำเสนอโครงการและคุณภาพของโครงการ ด้วยการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดการประเมินเพื่อการเรียนรู้ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี, 30(3), 93 - 104.
- นิภาพร ช่วยธานี, ธีรพงษ์ แสงประดิษฐ์, และ พินิจ ขำวงษ์. (2562). การส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาทางสะเต็มของนักศึกษาปริญญาตรี โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่บูรณาการ การสร้างข้อโต้แย้ง (6E+A). วารสารมหาวิทยาลัยมหาจุฬาลงกรณราชวิทยาลัย, 10(6), 5179 - 5192.
- นุรอาซีกัน สา, ณัฐินี โมพันธุ์, และ มัยดี แวดราแมค. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารของมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 4(1), 42 - 53.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2541). การพัฒนาการสอน. กรุงเทพฯ: ชมรมเด็ก.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สุวีริยาสาส์น.
- บุญเชิด ภิญโญอนันตพงษ์. (2544). การประเมินผู้เรียนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิดและวิธีการ. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.
- บุรชัย ศิริมหาสาคร. (2545). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง. กรุงเทพฯ: บুদ্ধพอยท์.
- บุรชัย ศิริมหาสาคร. (2547). แผนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: บুদ্ধพอยท์.
- เบญจวรรณ ถนอมชยธวัช, ผ่องศรี วาณิชยศุภวงศ์, วุฒิชัย เนียมเทศ, และ ณัฐวิทย์ พจนตันติ. (2559). ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21: ความท้าทายในการพัฒนานักศึกษา. วารสารเครือข่ายวิทยาลัยพยาบาลและการสาธารณสุขภาคใต้, 3(2), 208-222.
- ปกรณ ประจันบาน. (2552). ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิษณุโลก: รัตนสุวรรณการพิมพ์.
- ปราณี นันทะแสน. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วารสารบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร, 16(72), 81 - 93.

- पालिता สุขสำราญ, และ วาริรัตน์ แก้วอุไร. (2562). การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมจิตวิทยาศาสตร์และทักษะการแก้ปัญหา
สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร,
21(3), 153 - 166.
- ปิยวรรณ ทศกาญจน์. (2561). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา เรื่องบ้าน
พยากรณ์ เพื่อส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และการสร้างสรรค์ชิ้นงาน สำหรับ
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม., มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์,
กรุงเทพฯ.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2545. (19 ธันวาคม 2545).
ราชกิจจานุเบกษา. 119(123ก), หน้า 16 - 21.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2553. (22 กรกฎาคม 2553).
ราชกิจจานุเบกษา. 127(45ก), หน้า 1 - 3.
- พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. (19 สิงหาคม 2542). ราชกิจจานุเบกษา.
116(47ก), หน้า 1 - 23.
- พิชญา ดีมี. (2559). การพัฒนาแนวทางการประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของ
ผู้เรียน ตามแนวคิดการประเมินผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. วิทยานิพนธ์ กศ.ด.,
มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- พิเชษฐ ศรีสังข์งาม, พินิจ ขำวงษ์, และ จรรยา ดาสา. (2561). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตาม
แนวทางสะเต็มศึกษาแบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอนการออกแบบ
ทางวิศวกรรม เพื่อเสริมสร้างทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษา ปีที่ 2. วารสารวิชาการ Veridian E –Journal, Silpakorn University,
11(2), 2448 - 2462.
- พีรดลย์ อ่อนสี. (2562). การพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม.,
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- พีรเดช จันทร์. (2560). เป้าหมายสะเต็มศึกษา. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2562, จาก
<http://www.stemthaied.com/เป้าหมายสะเต็มศึกษา/>

- ไพลิน แก้วดอก. (2561). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน : การวิจัยผลสัมฤทธิ์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- ไพศาล หวังพานิช. (2526). การวัดผลการศึกษา. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มุกทราย บวรนิธิกุล. (2558). การพัฒนาลักษณะเฉพาะของแบบวัดทักษะการสื่อสารแห่งศตวรรษที่ 21 ของนิสิตนักศึกษาปริญญาบัณฑิต. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ยุทธ ไทยวรรณ. (2543). วิเคราะห์ข้อมูลวิจัย 2. กรุงเทพฯ : ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- รพีพล อินสุวรรณ. (2562). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- รัตนะ บัวสนธ์. (2552). การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา. กรุงเทพฯ: คำสมัย.
- ล้วน สายยศ, และ อังคณา สายยศ. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ, และ อังคณา สายยศ. (2543). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ลือชา ลดาชาติ, และ ลฎาภา ลดาชาติ. (2561). จากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และการสืบเสาะสู่สะเต็มศึกษา และการออกแบบ. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 20(1), 246 - 260.
- วชิร ศรีคุ้ม. (2558). การนำสะเต็มศึกษาสู่ชีวิต. สืบค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2562, จาก <http://www.slideshare.net/wawachira/stem-education-and-21stcentury-learning>
- วรภรณ์ ศรีวิโรจน์. (2559). เอกสารประกอบการสอนรายวิชา หลักการจัดการเรียนรู้. สืบค้นเมื่อ 30 มีนาคม 2562, จาก <http://edu.rajabhat.edu/e-media/08.pdf>
- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีการสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21. กรุงเทพฯ: ตาตาพับลิเคชั่น.
- วิมลรัตน์ สุนทรโรจน. (2551). นวัตกรรมตามแนวคิดแบบ Backward Design. มหาสารคาม: ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ศิราภรณ์ เข้มทิศ. (2558). การเปรียบเทียบอำนาจของวิธีการทดสอบการแจกแจงแบบปกติจากการจำลองข้อมูลด้วยวิธีเพาเวอร์. วิทยานิพนธ์ วท.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2552). **ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม**. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์ประกันคุณภาพมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. (มกราคม 2557). **ทักษะศตวรรษที่ 21. จดหมายข่าวประกันคุณภาพการศึกษา มจพ.**, 303, 1 - 2.
- ศูนย์ส่งเสริมศึกษา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). **คู่มือเครือข่ายส่งเสริมศึกษา**. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2562, จาก http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2014/08/STEM_Manual.pdf
- ส. วาสนา ประवालพุกษ. (2535). **การวัดผลการเรียนภาคปฏิบัติ**. เอกสารประกอบการเรียนการวัดผลการปฏิบัติขั้นสูง. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (11 มกราคม 2562). **สถิติ O-NET ย้อนหลัง**. สืบค้นเมื่อ 24 มีนาคม 2562, จาก <https://www.niets.or.th/th/catalog/view/3865>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). **การศึกษาแนวโน้มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์นานาชาติ TIMSS 2007**. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2562, จาก https://drive.google.com/file/d/0BwqFSkq5b7zSdW1HSzJEkdJQzQ/view?usp=drive_open
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). **รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 วิชาวิทยาศาสตร์**. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2562, จาก <http://timssthailand.ipst.ac.th/timss2011-science-report>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). **คู่มือการใช้หลักสูตรรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). **รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2015**. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2562, จาก <http://timssthailand.ipst.ac.th/timss/reports/timss2015report>

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2562). ผลการประเมิน PISA 2018 :

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). การวัดผลการศึกษา. ภาพสีนรุ้: สำนักพิมพ์ประสานการพิมพ์.

สมนึก ภัททิยธนี. (2555). การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 8). ภาพสีนรุ้: ประสานการพิมพ์.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2551). ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์. ภาพสีนรุ้: ประสานการพิมพ์.

สมภพ ปู่ไทย. (2550). การสร้างแบบประเมินภาคปฏิบัติกิจกรรมศิลปะการวาดภาพระบายสีสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษา ช่วงชั้นที่ 1. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (27 สิงหาคม 2557). ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2562 จาก <http://www.royin.go.th/?knowledges=ทักษะแห่งศตวรรษที่-๒๑>

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา. (2553). นิยามคำศัพท์หลักสูตร : หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สิรัชญา พิมพ์ลา. (2561). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของ STEM โดยใช้สื่อสังคมออนไลน์เพื่อส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. มหาสารคาม.

สิรินภา กิจเกื้อกุล. (2558). สะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 17(2), 201-207.

สุชฎทัย ช้างเพชร. (2562). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร สำหรับนักเรียนระดับประถมศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

สุดเฉลิม ศัสตราพุกฤษ. (2560). การจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 แบบห้องเรียนกลับด้าน เพื่อการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม. วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 28(1), 100-108.

- สุทธิดา จำรัส. (2560). นิยามของสะเต็มและลักษณะสำคัญของกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา. วารสารศึกษาศาสตร์ มสธ., 10(2), 13 - 34.
- สุนันทา สุนทรประเสริฐ. (2547). การสร้างสื่อการสอนและนวัตกรรมการเรียนรู้...การพัฒนาผู้เรียน (พิมพ์ครั้งที่ 1). ราชบุรี: ธรรมรักษ์การพิมพ์.
- สุนิสา บางวิเศษ. (2562). การพัฒนาการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.
- สุรัชย์ มีชาญ. (2547). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, 10(2), 114 - 126.
- สุวิษญา คงสุข, บุญเลี้ยง ทุ่มทอง, และ พิภูล ประดับศรี. (2561). การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหาและพฤติกรรมใฝ่เรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 33. วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยศิลปากร, 16(2), 201 - 212.
- สุวิมล ว่องวานิช. (2546). การประเมินผลการเรียนรู้แนวใหม่. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อนัญญา คูอาริยะกุล. (2554). การพัฒนารูปแบบการประเมินการฝึกภาคปฏิบัติ สำหรับนักศึกษาพยาบาล สังกัดสถาบันพระบรมราชชนก. วิทยานิพนธ์ กศ.ม., มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.
- อนินดา รัชเวทย์, อธิณีปกรณ สมนแก้ว, และ ปภาวี อุปธิ. (2560). การพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 โดยชุดการเรียนรู้การสอนตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง การแยกสาร ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยฟาร์อีสเทอร์น, 11(3), 226 - 238.
- อาทิตย์ ฉิมกุล. (2559). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม., จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- อุทุมพร จามรمان. (2529). การตรวจสอบภาคปฏิบัติ. วารสารการวิจัยทางการศึกษา, 3(กรกฎาคม-กันยายน 2529), 60-73.
- เอกรินทร์ สีมหาศาล, และ สุปรารภนา ยุกตะนันท์. (2546). การออกแบบเครื่องมือวัดและประเมินตามสภาพจริง (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: บั๊ค พอยท์.

- เอกรินทร์ สีมหาศาล, และ สุสรดิษฐ์ ทองเปรม. (2551). **วิทยาศาสตร์ : สื่อการเรียนรู้ รายวิชา
พื้นฐาน**. กรุงเทพฯ: อักษรเจริญทัศน์.
- Bloom, B. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives, Handbook The Cognitive Domain*. New York: David McKay.
- Burrows, A., Breiner, J., Keiner, J., & Behm, C. (2014). Biodiesel and integrated STEM: Vertical Alignment of High School Biology/Biochemistry and Chemistry. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1379-1389.
- Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*. Arlington: The National Science Teaching Association.
- Capraro et al. (2013). *STEM Project-based learning*. Texas: Sense publisher.
- Ceylana, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. (177), 223-228.
- Diana , L. R. (2012). *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*. Retrieved April 1, 2019, from <http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/DisplayFile.aspx?itemId=16466975>
- Ebel, R. L., & Frisbie, D. A. (1986). *Essentials of Educational Measurement* (4th ed., p.234). London: Prentice-Hall.
- Gredler, M. E. (1997). *Learning and instruction: Theory into practice* (3rd ed). New Jersey:Prentice-Hall.
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber (Eds.), H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects, and an agenda for research* (Vol. 500). DC: National Academies Press.
- Kanjanawasee, S. (1989). *Alternative Strategies for Policy Analysis: An Assessment of School Effects on Students' Cognitive and Affective Mathematics Outcomes in Lower Secondary Schools in Thailand*. Unpublished doctoral dissertation. University of California, Los Angeles.
- Kay, K., & Greenhill, V. (2011). *Twenty-First Century Students Need 21st Century Skills*. In *bringing schools into the 21st century* (pp. 41 - 65). Dordrecht: Springer.

- Liskin-Gasparro, J. (1997). Comparing traditional and performance-based assessment. In Symposium on Spanish Second Language Acquisition, Austin, TX. Retrieved May 22, 2019. from <http://www.indianjournals.com>
- National Research Council (NRC). (2012). A Framework for K-12 Science Education: Practices. Retrieved March 22, 2019, from http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165
- Partnership for 21st Century . (2007). Framework for 21st Century Learning. Retrieved March 22, 2019, from http://static.battelleforkids.org/documents/p21/P21_framework_0816_2pgs.pdf
- Sahin, A., Ayar, M. C., & Adiguzel, T. (2014). STEM Related After-School Program Activities and Associated Outcomes on Student Learning. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(1), 309-322.
- Scott, C. (2012). An Investigation of Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Focused High Schools in the U.S. *Journal of STEM Education*, 13(5), 30 - 39.
- Simson, D. (1972). *Teaching physical education: A system approach*. Boston: Houghton Mufflin Co.
- Standards for Educational, & Psychological Testing. (1999). *Standards for educational and psychological testing*. American: The American Educational Research Association (AERA).
- Vasquez, J. A., Comer, M., & Sneider, C. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8 Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth: Heinemann.
- Wiggins, G. (1998). *Educative Assessment. Designing Assessments To Inform and Improve Student Performance* (pp.22 – 24). San Francisco.
- Wiggins, G. (2002, January 21). *Grant Wigg ins: Defining assessment*. Retrieved March 22, 2019, from www.edutopia.org/grant-wiggins-assessment

Wiggins, G. (2006). *Educative assessment: Designing assessments to inform and improve student performance*. San Francisco: Jossey-Bass.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สกนธ์ชัย ชะนูนันท์
ตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก
เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชำนาญ ปาณวงษ์ ตำแหน่งอาจารย์
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก
เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กฤตยากาญจน์ โตพิทักษ์
ตำแหน่งอาจารย์ ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก
เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา
4. ดร. ศรีวิทย์ กัณฑ์ไรสง
ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนหนองบัวแดงวิทยา
อำเภอหนองบัวแดง จังหวัดชัยภูมิ
เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี และการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
5. นางอนัญญา แก้วพินิจ
ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก
เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี
6. นายพงฤทธิ์ เทพคุณ
ตำแหน่งครู วิทยฐานะครูชำนาญการ โรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม
อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก
เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี

ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ 1
“กิจกรรมนักทำความสะอาดมือโปร”

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เวลา 12 ชั่วโมง

1. มาตรฐานการเรียนรู้

1.1 วิทยาศาสตร์

สาระเคมี ม.5/2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

1.2 คณิตศาสตร์

มาตรฐาน ค 1.1 เข้าใจความหลากหลายของการแสดงจำนวนระบบจำนวน การดำเนินการของจำนวน ผลที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการสมบัติของการดำเนินการและนำไปใช้

1.3 เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี)

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจแนวคิดหลักของเทคโนโลยีเพื่อการดำรงชีวิตในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และศาสตร์อื่น ๆ เพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางานอย่างมีความคิดสร้างสรรค์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เลือกใช้เทคโนโลยีอย่างเหมาะสมโดยคำนึงถึงผลกระทบต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์	เทคโนโลยี*	คณิตศาสตร์
1) ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี 2) เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา 3) ยกตัวอย่างและอธิบายปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันหรืออุตสาหกรรม	ว 4.1 ม.5/1 ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะจากศาสตร์ต่าง ๆ รวมทั้งทรัพยากรในการทำโครงการเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนางาน	ค 1.1 ม.5/1 เข้าใจความหมายและใช้สมบัติเกี่ยวกับการบวก การคูณ การเท่ากัน และการไม่เท่ากันของจำนวนจริงในรูปกรณฑ์และจำนวนจริงในรูปเลขยกกำลังที่มีเลขชี้กำลังเป็นจำนวนตรรกยะ

*หมายเหตุ ตัวชี้วัด เทคโนโลยี(T) ในที่นี้จะรวมตัวชี้วัดสาระที่ 4 เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี) ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์ (E) ไม่ได้ปรากฏในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน แต่กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม สามารถเทียบเคียงได้จากกระบวนการเทคโนโลยีในตัวชี้วัดสาระการออกแบบและเทคโนโลยี

3. จุดประสงค์การเรียนรู้

➔ ด้านความรู้

เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

1. ทำการทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้นของสาร พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้
2. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

๑ ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

1. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม (creativity and innovation skills)

1.1 อธิบายคำตอบได้ภายในเวลาที่กำหนดและมีความเชื่อมั่นกล้าตัดสินใจแสดงความคิดในการหาคำตอบได้

1.2 หาคำตอบได้อย่างหลากหลาย และดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้านได้

1.3 วางแผนและอธิบายการคิดในลักษณะที่แปลกใหม่ ที่แตกต่างจากความคิดของผู้อื่น หรือนำความรู้เดิมมาดัดแปลง และประยุกต์ต่อการอธิบายในสถานการณ์ใหม่ได้

1.4 สร้างผลงานใหม่ ๆ ได้ หรือดัดแปลงประยุกต์ผลงานเดิมให้เป็นผลงานใหม่ได้

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (critical thinking and problem)

2.1 ระบุปัญหาและทำความเข้าใจในปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้

2.2 ระบุแหล่งข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา จัดระบบข้อมูลโดยวิธีการต่าง ๆ วิจัยความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าจากสถานการณ์ได้

2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุหลาย ๆ ทางในการแก้ปัญหาและกำหนดหรือคาดเดาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้

2.4 ออกแบบการศึกษาค้นคว้าตามแผนที่วางไว้ เก็บรวบรวมข้อมูลสอดคล้องกับออกแบบได้อย่างต่อเนื่อง ครบถ้วน และจัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมมาได้

2.5 พิจารณาเหตุผลให้เพียงพอในการสรุปปัญหาได้อย่างถูกต้องได้

2.6 พิจารณาผลการตัดสินใจเพื่อเปลี่ยนแปลงข้อสรุปใหม่ในการแก้ปัญหาหากมีเหตุผลหรือข้อมูลเพิ่มเติมและนำข้อสรุปไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ สถานการณ์ได้

3. การสื่อสารและการร่วมมือ (communication and collaboration)

3.1 บอกสิ่งที่ผู้พูด ผู้เขียนต้องการสื่อความหมาย และระบุใจความหรือประเด็นสำคัญจากเรื่องที่อ่านหรือรับฟังได้

3.2 การพูดให้คนอื่นเข้าใจ ความคิดมุมมอง และความรู้สึก ด้วยภาษาของตนเอง รวมทั้งยกตัวอย่างประกอบ และสามารถเขียนบรรยายเรื่องราวต่าง ๆ ให้ผู้อื่นอ่านและเข้าใจได้ รวมถึงการใช้กริยาท่าทางติดต่อสื่อสาร และสร้างความสัมพันธ์กับเพื่อนในเชิงบวก

3.3 การเลือกวิธีการสื่อสารให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ สถานการณ์ และผู้รับสาร โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อตนเองและสังคม เพื่อถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความคิด ความรู้ และความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนคติของตนเองได้

3.4 ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้กระบวนการกลุ่มในการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบในหน้าที่ ในฐานะเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มได้

3.5 การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพื่อประกอบการตัดสินใจเสมอ แม้ว่าความคิดเห็นนั้นจะแตกต่างจากตนและสามารถปรับเปลี่ยนผลงานตามคำแนะนำหรือความต้องการของเพื่อนในกลุ่มได้

4. สาระสำคัญ

ปัจจัยหลักที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหนึ่ง ๆ คือ ความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา ความรู้เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันและอุตสาหกรรมต่าง ๆ

5. สาระการเรียนรู้

5.1 วิทยาศาสตร์

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (rate of chemical reaction) หมายถึง ปริมาณของสารใหม่ที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลาหรือปริมาณของสารตั้งต้นที่ลดลงในหนึ่งหน่วยเวลานิตของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่

1) ความเข้มข้นของสาร อัตราเร็วของปฏิกิริยาจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารตั้งต้น และจะแปรผกผันกับความเข้มข้นของสารผลิตภัณฑ์

2) พื้นที่ผิว เป็นจุดของการเกิดปฏิกิริยา หากสารมีพื้นที่ผิวมากก็จะทำให้เกิดปฏิกิริยาได้เร็วขึ้น

3) อุณหภูมิ ถือเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยกระตุ้นความเร็วของการเกิดปฏิกิริยา เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเร็วขึ้น แต่เมื่ออุณหภูมิต่ำลง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีก็จะช้าลง

4) ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยา หมายถึง สารที่ถูกเติมเข้าไปเพื่อให้ปฏิกิริยานั้นเร็วขึ้น หรือช้าลง โดยตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นสารที่ช่วยให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น โดยมีผลทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาลดต่ำลง ส่วนตัวหน่วงปฏิกิริยาเป็นสารที่ทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลง โดยมีผลทำให้พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาที่ถูกเติมลงไปนั้นจะมีปริมาณเท่าเดิม

5.2 เทคโนโลยี (การออกแบบและเทคโนโลยี)

กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นขั้นตอนที่นำมาใช้ในดำเนินการเพื่อแก้ปัญหาสำหรับการศึกษาปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่ออาการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมจะเริ่มโดยการระบุปัญหาที่พบแล้วกำหนดเป็นปัญหาที่ต้องการแก้ไข จากนั้นจึงค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไข เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการเมื่อได้สร้างชิ้นงาน หรือวิธีการเรียบร้อยแล้วจึงนำไปทดสอบถ้ามีข้อบกพร่องให้ทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ไขปัญหาหรือสนองความต้องการได้และในตอนท้ายจะประเมินผลว่าสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการนั้นสามารถใช้แก้ปัญหาหรือสนองความต้องการได้ตามที่กำหนดไว้หรือไม่

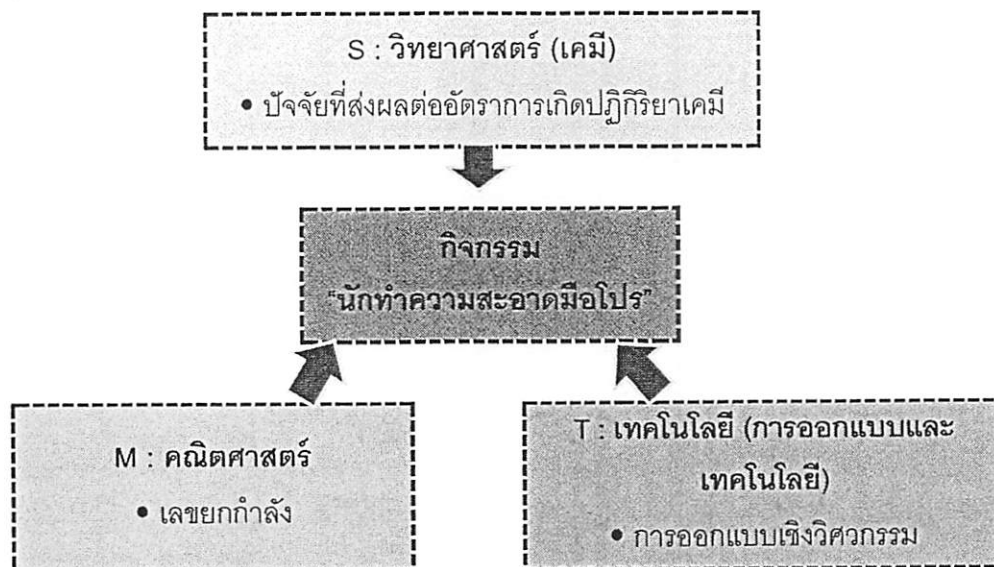
5.3 คณิตศาสตร์

การยกกำลัง คือการดำเนินการทางคณิตศาสตร์อย่างหนึ่ง เขียนอยู่ในรูป a^n ซึ่งประกอบด้วยสองจำนวนคือ ฐาน a และ เลขชี้กำลัง (หรือ กำลัง) n การยกกำลังมีความหมายเหมือนการคูณซ้ำ ๆ กัน คือ a คูณกันเป็นจำนวน n ตัว เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก

$$a^n = \underbrace{a \times a \times a \times \dots \times a}_n$$

โดยปกติเลขชี้กำลังจะแสดงเป็นตัวยกอยู่ด้านขวาของฐาน จำนวน a^n อ่านว่า a ยกกำลัง n หรือเพียงแค่ว่า a กำลัง n เลขยกกำลัง a^n อาจนิยามให้ n เป็นจำนวนเต็มลบก็ได้เมื่อค่า a ไม่เป็นศูนย์ ตามปกติไม่สามารถกระจายจำนวนจริง a กับ n ได้ทุก ๆ ค่าโดยธรรมชาติ แต่เมื่อฐาน a เป็นจำนวนจริงบวก จำนวน a^n สามารถนิยามเลขชี้กำลัง n ได้ทุกค่า

5.4 กรอบการบูรณาการ



6. คำถามสำคัญ

- 1) เมื่อความเข้มข้นของสารตั้งต้นเปลี่ยนแปลงไปจะส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ อย่างไร
- 2) สารชนิดเดียวกันและมวลเท่ากัน แต่สารหนึ่งมีพื้นที่ผิวโดยรวมมากกว่าอีกสารหนึ่ง ปฏิกิริยาของสารใดจะเกิดขึ้นได้เร็วกว่า มีวิธีการเปรียบเทียบได้อย่างไร
- 3) อุณหภูมิของสารตั้งต้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร
- 4) ตัวเร่งปฏิกิริยาเคมีและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมีมีผลอย่างไรต่อปฏิกิริยาเคมี

7. กิจกรรมการเรียนรู้

□ ขั้นนำเข้าสู่กิจกรรมการเรียนรู้ (1 ชั่วโมง)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันทบทวนความหมาย และแนวคิดที่เกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากนั้นร่วมกันอภิปรายหัวข้อต่อไปนี้

๘ ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีนักเรียนสามารถสังเกตเห็นปฏิกิริยาเคมีของสารได้หรือไม่ อย่างไร

(แนวคำตอบ สามารถสังเกตเห็นได้จากปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่งหรือหลาย ๆ ปรากฏการณ์ประกอบกัน เช่น การเกิดฟองแก๊ส การเปลี่ยนแปลงสี การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การเกิดตะกอน เป็นต้น)

2. ครูและนักเรียนร่วมกันทำบทนำกิจกรรม โดยให้นักเรียนพิจารณาภาพ ดังต่อไปนี้



แล้วร่วมกันอภิปรายว่าเพราะเหตุใดในการรับประทานอาหาร นักเรียนควรเคี้ยวอาหารให้ละเอียดก่อนกลืนแล้วให้นักเรียนบันทึกลงในใบกิจกรรม

3. ครูตั้งประเด็นให้นักเรียนร่วมกันอภิปราย (นักเรียนตอบตามอิสระ ครูยังไม่ต้องเฉลยให้กับนักเรียน) ดังนี้

๘ ปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้เองที่อุณหภูมิห้อง บางปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ต้องมีอุณหภูมิสูง ปฏิกิริยาเคมีบางชนิดเกิดขึ้นได้ช้า บางชนิดเกิดขึ้นได้เร็ว นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบางที่อาจส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

(แนวคำตอบ อุณหภูมิ ธรรมชาติของสาร ขนาดของสารปริมาณของสาร และตัวเร่งปฏิกิริยา)

4. ครูอธิบายลักษณะ รูปแบบและความสำคัญของกิจกรรมที่จะทำในชั้นเรียน ได้แก่

- กิจกรรมนี้เป็นลักษณะกิจกรรมที่มีลักษณะการบูรณาการตามแนวทางสะเต็มศึกษา เกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

• การดำเนินกิจกรรม นักเรียนต้องร่วมมือกันศึกษาสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากนั้นจึงค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้องและวิเคราะห์เพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการแก้ไขปัญหานั้น ๆ เมื่อได้วิธีการที่เหมาะสมแล้วจึงทำการวางแผนและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหานั้น โดยลองทดสอบภายใต้เงื่อนไขที่ครูกำหนดขึ้น และหากวิธีการที่นักเรียนพัฒนาขึ้นมานั้น มีข้อบกพร่องให้ทำการปรับปรุงแก้ไขจนสามารถใช้แก้ไขปัญหได้ตามความต้องการได้

5. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คนโดยต้องกำหนดให้สมาชิกแต่ละคนภายในกลุ่ม มีบทบาทหน้าที่ของตนเองและจะได้รับเข็มกลัดผ้าสีต่าง ๆ ตามหน้าที่ในกลุ่มของนักเรียน ดังนี้

สี	สมาชิกคนที่	หน้าที่
สีเขียว	1	เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
สีน้ำเงิน	2	ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลองทำความเข้าใจและอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
สีแดง	3	ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
สีดำ	4 – 5	ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง

□ ชั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (11 ชั่วโมง)

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) (1 ชั่วโมง)

1. นักเรียนทำกิจกรรมที่ 1 โดยให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์และเงื่อนไขต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 : อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิอยู่ในภูมิภาคที่อุดมสมบูรณ์ถูกล้อมรอบด้วยภูเขามากมายอีกทั้งยังมีสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจโดยเฉพาะถ้ำหินงอก หินย้อยต่าง ๆ เช่น ถ้ำวัวแดง ถ้ำแก้ว เป็นต้น สำหรับการดำรงชีวิตของคนในอำเภอนี้นิยมทำเกษตรกรรมโดยเฉพาะ อ้อย มันสำปะหลัง อีกทั้งยังมีการปลูกมันฝรั่งอีกด้วย ชาวบ้านนิยมขุดเจาะน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาลขึ้นมาใช้ในการอุปโภคบริโภค เนื่องจากชุมชนอยู่บนที่ราบสูงทำให้ไม่มีแม่น้ำสายหลักไหลผ่าน

โรงเรียนเจียงทองพิทยาคมเป็นหนึ่งในโรงเรียนที่อยู่ในเขตอำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิที่มีการขุดเจาะน้ำบาดาล มาใช้สำหรับการอุปโภคบริโภคในโรงเรียน มีวันหนึ่งป้าเยี่ยมแม่บ้านประจำของในโรงเรียนได้รับมอบหมายให้ดูแลและทำความสะอาดห้องน้ำในโรงเรียน เมื่อเข้าไปห้องน้ำพบว่าภายในห้องน้ำบริเวณที่น้ำขังอยู่มีคราบสีเหลืองอ่อน ลักษณะแข็งเกาะติดแน่นอยู่

ตามพื้น ผง และบริเวณข้างล้างมือจำนวนมาก ซึ่งคิดเป็นพื้นที่ 12 ตารางเมตร ซึ่งบ้ำเยี่ยมได้ทดลองทำความสะอาดโดยใช้น้ำยาล้างห้องน้ำที่มีส่วนผสมของกรดไฮโดรคลอริกมีความเข้มข้น 15 %w/w ชัดแล้วปรากฏว่าเกิดฟองแก๊สขึ้น และทำให้คราบน้ำนั้นหายไปเพียงเล็กน้อย
เงื่อนไข เมื่อบ้ำเยี่ยมมีเวลาในการแก้ปัญหาคราบสีเหลืองอ่อน ที่เกาะติดแน่นอยู่ตามพื้น ผง และบริเวณข้างล้างมือนี้เพียง 10 นาที

2. นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์แล้วตอบคำถามในแบบบันทึกกิจกรรมต่อไปนี้
จากปัญหาในและเงื่อนไขที่กำหนด ให้นักเรียนแสดงความคิดตามข้อคำถาม ภายในเวลา 10 นาที ดังนี้
 - 2.1 จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนระบุสิ่งที่ปัญหาของบ้ำเยี่ยมทั้งหมด (สามารถเขียนได้มากกว่า 1 ปัญหา)
 - 2.2 สาเหตุของปัญหาทั้งหมดคืออะไรบ้าง
 - 2.3 จากสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่าปัญหาใดเป็นปัญหาที่นักเรียนต้องดำเนินการแก้ไขช่วยบ้ำเยี่ยม
3. นักเรียนนำคำตอบของนักเรียนมาอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนในกลุ่มของนักเรียนแล้วจัดทำเป็นข้อสรุปของกลุ่ม

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) (4 ชั่วโมง)

1. นักเรียนร่วมกันทำกิจกรรมที่ 2 ซึ่งกิจกรรมนี้ประกอบด้วยกิจกรรมการทดลอง จำนวน 3 กิจกรรม คือ
 - 1.1 ผลปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก
 - 1.2 ผลของปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไทโอซัลเฟตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก
 - 1.3 ผลของสารบางชนิดที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำผลเสนอผลการทำกิจกรรมการทดลองที่ 1 – 3 หน้าชั้นเรียน
- 3) นักเรียนสรุปจากกิจกรรมการทดลองที่ 1 – 3 โดยใช้ข้อคำถามดังนี้

3.1) กิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง ผลปฏิกริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ทำให้นักเรียนทราบหรือไม่ว่าปัจจัยใดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยา

3.2) กิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง ผลของปฏิกริยาระหว่างโซเดียมไทโอซัลเฟตกับ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก ทำให้นักเรียนทราบหรือไม่ว่าปัจจัยใดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยา

3.3) กิจกรรมการทดลองที่ 3 เรื่อง ผลของสารบางชนิดที่ต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี ทำให้นักเรียนทราบหรือไม่ว่าปัจจัยใดมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยา

3.4) จากกิจกรรมการทดลองที่ 1 – 3 ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี คือ

4) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายและสรุปผลการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อสรุปดังนี้

- ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยาเคมี ประกอบด้วย 5 ปัจจัยหลัก คือ ธรรมชาติของสารตั้งต้น ความเข้มข้นของสารตั้งต้น พื้นที่ผิวสัมผัสของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และ ตัวเร่งปฏิกริยา/ตัวหน่วงปฏิกริยา

- ธรรมชาติของสารตั้งต้น สารแต่ละชนิดมีความว่องไวในการเกิดปฏิกริยาเคมีไม่เท่ากัน การเปลี่ยนชนิดของสารที่เข้าทำปฏิกริยาจะทำให้อัตรา การเกิดปฏิกริยาเปลี่ยนไป

- ความเข้มข้นของสารตั้งต้น ปฏิกริยาเคมีส่วนใหญ่อัตราการเกิดปฏิกริยาขึ้นอยู่กับ ความเข้มข้นของสารตั้งต้นที่เข้าทำปฏิกริยา สำหรับปฏิกริยาที่มีสารตั้งต้นมากกว่าหนึ่งชนิด อัตรา การเกิดปฏิกริยาเคมีอาจขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารตั้งต้นสารใดสารหนึ่งหรือทุกสาร หรือไม่ ขึ้นกับความเข้มข้นของทุกสารก็ได้

การที่ความเข้มข้นของสารตั้งต้นมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกริยา สามารถใช้ทฤษฎี การชนอธิบายได้ว่า เมื่อความเข้มข้นของสารตั้ง ต้นที่เข้าทำปฏิกริยาเพิ่มขึ้นทำให้จำนวนอนุภาค เพิ่มขึ้นโอกาสที่อนุภาคของสารตั้งต้นชนกันก็มีมากขึ้น และเมื่ออนุภาคเพิ่มขึ้น จำนวนอนุภาคที่มี พลังงานสูงก็เพิ่มมากขึ้นด้วย โอกาสที่อนุภาคของสารชนกันแล้วเกิดปฏิกริยาได้ก็มีมากขึ้น ดังนั้น เมื่อเพิ่มความ เข้มข้นของสารตั้งต้นปฏิกริยาเคมีจึงเกิดเร็วขึ้น ในทางตรงข้ามถ้าลดความเข้มข้น ของสารตั้งต้นปฏิกริยาเคมีก็จะเกิดช้าลง

- พื้นที่ผิวสัมผัสของสารตั้งต้น ปฏิกริยาเคมีที่พื้นที่ผิวมีผลจะเกิดขึ้นกับปฏิกริยาเนื้อ ผสมและปฏิกริยาเนื้อผสมนั้นต้องมีสารตั้งต้นที่เป็นของแข็งทำปฏิกริยากับแก๊ส หรือทาปฏิกริยา กับของเหลว โดยถ้าพื้นที่ผิวของสารมากอัตราการ เกิดปฏิกริยาจะเร็ว และถ้าพื้นที่ผิวสัมผัสน้อย

อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้า ที่เป็นเช่นนี้ เพราะเมื่อพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นที่เป็นของแข็งมากทำให้อุณหภูมิของสารตั้งต้นชนกันด้วยความถี่สูงทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น แต่ถ้าพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นน้อย อุณหภูมิของสารตั้งต้นชนกันด้วยความถี่ต่ำทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาช้าลง

- อุณหภูมิ ปฏิกิริยาโดยทั่วไปจะมีอัตราการเกิดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ และอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะลดลงเมื่อลดอุณหภูมิ ที่เป็นเช่นนี้เพราะเมื่อเพิ่มอุณหภูมิ ความเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลของก๊าซจะเพิ่มขึ้น (ทฤษฎีจลน์ของก๊าซ) ทำให้โมเลกุลมีพลังงานจลน์สูงขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิของสารตั้งต้นจึงเคลื่อนที่เร็วขึ้น มีโอกาสที่อนุภาคชนกันมากขึ้นปฏิกิริยาเคมีจึงเกิดเร็วขึ้น นอกจากนี้การเพิ่มอุณหภูมิยังทำให้จำนวนโมเลกุลของก๊าซที่มีพลังงานจลน์สูงเพิ่มมากขึ้นด้วย จึงทำให้เมื่อเกิดการชนโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์เท่ากับหรือสูงกว่า พลังงานก่อกัมมันต์มีจำนวนมากขึ้นโอกาสที่ทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วมีมากขึ้น

- ตัวเร่งปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้ว ทำให้เกิดปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น โดยที่ตัวเร่งปฏิกิริยาอาจจะมีส่วนร่วมในการเกิดปฏิกิริยาหรือไม่ก็ได้ แต่เมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยาตัวเร่งปฏิกิริยาเหล่านี้ยังคงมีปริมาณเท่าเดิมและมีสมบัติเหมือนเดิม โดยตัวเร่งปฏิกิริยาที่พบ เช่น

- เอนไซม์อะไมเลสในน้ำลายที่ช่วยย่อยแป้ง
- เอนไซม์เพปซินในกระเพาะอาหารที่ช่วยย่อยโปรตีน
- เอนไซม์ไซเมสที่ใช้ในกระบวนการหมักน้ำตาลกลูโคสด้วยยีสต์ให้กลายเป็น

เอทานอลและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์

- ตัวหน่วงปฏิกิริยา คือ สารที่เติมลงไปในปฏิกิริยาแล้วทำให้ปฏิกิริยาเกิดช้าลงหรือมีผลยับยั้งปฏิกิริยา และเมื่อสิ้นสุดปฏิกิริยา ตัวหน่วงปฏิกิริยายังคงมีสมบัติทางเคมีเหมือนเดิมและมีปริมาณเท่าเดิม เช่น

- การเติมวิตามินอีในน้ำมันพืชเพื่อป้องกันการเหม็นหืน
- การยับยั้งการเน่าเสียของอาหารด้วยการใส่สารกันบูด

5) ครูกระตุ้นให้นักเรียนเชื่อมโยงแนวคิดจากการรวบรวมข้อมูลกับสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยใช้คำถามต่อไปนี้

1. เลือกปฏิกิริยาเคมีที่มีลักษณะอย่างไร
2. เก็บสารเพื่อศึกษาและติดตามอัตราการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร
3. หากพบว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นช้า นักเรียนจะต้องปฏิบัติอย่างไร

4. สรุปแล้วนักเรียนมีแนวทางการช่วยเหลือป่าเขียมและครูหน้อยแก้ปัญหาตามสถานการณ์อย่างไร

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) (2 ชั่วโมง)

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 3 ดังนี้

1. ครูกระตุ้นให้นักเรียนนำสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 1 และความรู้จากการทำกิจกรรมที่ 2 มาบูรณาการกัน จากนั้นประมวลความรู้ที่ได้เพื่อให้ได้แนวคิดที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ไขปัญหา
2. นักเรียนแต่ละคนศึกษาวัสดุและอุปกรณ์จากที่ครูเตรียมไว้ให้ เพื่อดูถึงข้อจำกัดสำหรับแบบร่างที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา
3. นักเรียนแต่ละคนเขียนแบบร่างการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบของตนเอง โดยอาจวาดผังงานหรือเขียนขั้นตอนการแก้ไขปัญหาแล้วนำเสนอต่อกลุ่มตนเอง (ให้สมาชิกบันทึก VDO การนำเสนอ)
4. ครูกระตุ้นให้นักเรียนพิจารณาการนำเสนอผลงานแบบร่างการแก้ปัญหาของเพื่อนในกลุ่มว่าแบบร่างของนักเรียนมีข้อดีและข้อเสีย อย่างไร บันทึกลงในใบกิจกรรม
5. ครูสอบถามความคิดเห็นของนักเรียน โดยให้บันทึกลงในใบกิจกรรมว่าหากเพื่อนนักเรียนมีข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม นักเรียนจะปรับผลงานแบบร่างการแก้ปัญหาหรือไม่อย่างไร
6. นักเรียนร่วมกับกลุ่มคัดเลือกแบบร่างการแก้ปัญหาของกลุ่มนักเรียน

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) (1 ชั่วโมง)

ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ 4 ดังนี้

1. นักเรียนร่วมกับกลุ่มวางแผนการทดลองของกลุ่มจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ว่ากลุ่มของนักเรียนมีวิธีการช่วยให้ป่าเขียมกำจัดคราบหินปูนที่เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพได้อย่างไร
2. ครูให้นักเรียนร่วมกับกลุ่มร่วมกันอภิปรายแผนการทดลองที่เป็นไปได้ เหมาะสมสำหรับใช้ดำเนินการแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด หากกลุ่มลงความเห็นที่ไม่เหมาะสมก็ดำเนินการแก้ไขจนได้แผนการดำเนินงานที่สมบูรณ์ โดยครูคอยชี้แนะและให้คำปรึกษา
3. สมาชิกในกลุ่มร่วมกันกำหนดวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินการแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด

4. นักเรียนร่วมกันดำเนินการทดลองตามแผนที่วางไว้ แล้วบันทึกในแบบบันทึกกิจกรรม
หน้าที่ 21

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) (1 ชั่วโมง)

1. ครูกระตุ้นให้สมาชิกในแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ผลการทดลองที่ได้ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

2. นักเรียนร่วมกันระดมสมองเพื่อร่วมกันวิเคราะห์ผลการดำเนินการแก้ไขปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนด แล้วประเมินว่าเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามแผนที่นักเรียนวางไว้ ให้นักเรียนร่วมกันวางแผนใหม่เพื่อปรับปรุงแผนการทดลองนั้นให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. นักเรียนรวบรวมแบบแผนการทดลองและผลการทดลองที่นักเรียนได้ทำทั้งหมด

4. สมาชิกในกลุ่มเลือกรูปแบบการทดลองที่สอดคล้องต่อปัญหา เงื่อนไขและข้อจำกัดของสถานการณ์ที่กำหนดให้โดยบันทึกลงในกระดาษรูปที่ครูแจกให้ โดยข้อมูลจะต้องประกอบด้วย

- สารเคมีที่ใช้ และความเข้มข้นของสาร เพื่อให้สามารถแก้ไขสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

- ผลการทดลองที่ได้

- อัตราปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นนั้นเป็นเท่าใด

- เมื่อต้องการนำผลการทดลองที่ได้ในห้องปฏิบัติการไปใช้ในการแก้ปัญหตามสถานการณ์ที่กำหนดให้ นั้นสามารถทำได้อย่างไร

5. นักเรียนร่วมกันประเมินผลงานของกลุ่ม โดยนำรูปแบบการแก้ปัญหามาคำนวณค่าใช้จ่าย และประเมินความคุ้มค่า เมื่อเทียบกับการใช้น้ำยาล้างห้องน้ำชนิดหนึ่งที่มีส่วนผสมของ Hydrochloric Acid 8.5% w/w ปริมาตร 450 mL ราคา 45 บาท

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) (1 ชั่วโมง)

1. ครูให้นักเรียนดำเนินกิจกรรมที่ 5 โดยให้นักเรียนตัวแทนกลุ่ม ของแต่ละกลุ่มจับสลาก เพื่อกำหนดลำดับในการนำเสนอผลการแก้ปัญหตามสถานการณ์ที่กำหนด

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลงาน พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ สามารถ ตั้งคำถามและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้ปัญหาชิ้นงาน แล้วให้บันทึกในแบบบันทึกกิจกรรม หน้า 25

3. ครูมอบรางวัลให้กับกลุ่มที่มีคะแนนรวมสูงสุด

□ ขั้นสรุปผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (1 ชั่วโมง)

1. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปกิจกรรม และให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. นักเรียนสะท้อนการเรียนรู้จากกิจกรรมที่ได้ทำร่วมกัน โดยเขียนลงในอนุทินการเรียนรู้ (Learning Journals) ครั้งที่ 1 โดยมีประเด็นต่าง ๆ ดังนี้

- สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้
- นักเรียนมีมุมมองหรือความคิดเห็นอย่างไรต่อวิธีการเรียนในครั้งนี้
- สิ่งที่นักเรียนประทับใจในการทำกิจกรรมในครั้งนี้
- สิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัญหาในการเรียนรู้
- คำถามที่นักเรียนสงสัย หรือสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติม
- ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

8. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้
ด้านความรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ภาระงาน	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
1) นักเรียนจะสามารถทำการทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้นของสาร พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	<ul style="list-style-type: none"> • กิจกรรมที่ 2 • กิจกรรมที่ 4 	ตรวจแบบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 2 และ 4	เกณฑ์การให้คะแนนการทดลอง
2)) นักเรียนจะสามารถเปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	<ul style="list-style-type: none"> • กิจกรรมที่ 2 • กิจกรรมที่ 4 	ตรวจแบบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 2 และ 4	เกณฑ์การให้คะแนนการทดลอง

ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

ขั้นตอนการสอน	ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม			ภาระงาน	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
	ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม	การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา	ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ			
1. ระบุปัญหา	ข้อ 1.1)	ข้อ 2.1)	ข้อ 3.1)	• กิจกรรมที่ 1	• ตรวจสอบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 1	<ul style="list-style-type: none"> • เกณฑ์การให้คะแนนความคล่องในการคิด • เกณฑ์การให้คะแนนการระบุประเด็นปัญหาและทำความเข้าใจปัญหา • เกณฑ์การให้คะแนนความสามารถรับสารจากผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	-	ข้อ 2.2) ข้อ 2.3)	ข้อ 3.4)	• กิจกรรมที่ 2	• ตรวจสอบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 2	• เกณฑ์การให้คะแนนการเลือกและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา

ขั้นตอนการสอน	ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม			ภาระงาน	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
	ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม	การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา	ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ			
					<ul style="list-style-type: none"> • สังเกตความร่วมมือในการทำงานร่วมกับกลุ่ม 	<ul style="list-style-type: none"> • เกณฑ์การให้คะแนนกำหนดสมมติฐานที่จะนำไปสู่การค้นหาวิธีการแก้ปัญหา • แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา	-	ข้อ 2.4)	ข้อ 3.2)	<ul style="list-style-type: none"> • กิจกรรมที่ 3 	<ul style="list-style-type: none"> • ตรวจสอบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 3 • สังเกตการสื่อสารจากVDO ที่นักเรียนบันทึก 	<ul style="list-style-type: none"> • เกณฑ์การให้คะแนนการจัดระบบข้อมูลเพื่อสรุปผลการแก้ปัญหา • แบบสังเกตการสื่อสาร

ขั้นตอนการสอน	ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม			ภาระงาน	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
	ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม	การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา	ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ			
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	ข้อ 1.3)	-	ข้อ 3.5)	• กิจกรรมที่ 4 (ตอนที่ 1)	• ตรวจแบบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 4 ตอนที่ 1	<ul style="list-style-type: none"> • เกณฑ์การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น • เกณฑ์การให้คะแนนการริเริ่มความคิดใหม่ • เกณฑ์การให้คะแนนการยอมรับฟังความคิดเห็นที่แตกต่างของเพื่อนร่วมงานอย่างใจกว้าง
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน	ข้อ 1.2)	ข้อ 2.5) ข้อ 2.5)	-	• กิจกรรมที่ 4 (ตอนที่ 2)	• ตรวจแบบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 4 ตอนที่ 2	• เกณฑ์การให้คะแนนการตัดสินใจลงข้อสรุปการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล

ขั้นตอนการสอน	ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม			ภาระงาน	วิธีการวัดและประเมินผล	เครื่องมือวัดและประเมินผล
	ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม	การคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา	ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ			
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation)	ข้อ 1.4)		ข้อ 3.3)	<ul style="list-style-type: none"> กิจกรรมที่ 5 	<ul style="list-style-type: none"> ตรวจแบบบันทึกกิจกรรมในกิจกรรมที่ 5 สังเกตการนำเสนอผลการแก้ปัญหา 	<ul style="list-style-type: none"> เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างผลงานแปลกใหม่ เกณฑ์การให้คะแนนการสร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาได้อย่างหลากหลาย แบบสังเกตการนำเสนองาน

9. สื่อและแหล่งเรียนรู้

สื่อ

1) แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 "กิจกรรมนักทำความสะอาดมือโปร"

2) PowerPoint กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 "กิจกรรมนักทำความสะอาดมือโปร"

แหล่งเรียนรู้

หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมวิทยาศาสตร์ เคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 3 ของ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

แบบบันทึกหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

รหัสวิชา ว 31223 รายวิชา เคมี 3

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เรื่อง ปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ผลการจัดการเรียนรู้

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

ปัญหาและอุปสรรค

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

ข้อเสนอแนะแนวทางแก้ไข

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

ลงชื่อ..... ผู้จัดกิจกรรมการเรียนรู้

(นายวรัญญา พิษณุภุสสิทธิ)

ตัวอย่างแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้



แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้

รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กิจกรรม
“นักทำความสะอาดสะอาดมือไปช”

คำนำ

แบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา โดยเน้นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และกระบวนการที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ซึ่งอยู่ในลักษณะการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ท้าทายนักเรียน มีการบูรณาการความรู้ด้านคณิตศาสตร์ การออกแบบและเทคโนโลยี โดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจในสิ่งที่พบเป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search) เป็นการรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาหรือความต้องการเพื่อหาวิธีการที่หลากหลายสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาที่กำหนดไว้ในขั้นที่ 1 โดยการค้นหาและรวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ทั้งวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ รวมทั้งศาสตร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง จากนั้นนำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์แล้วสรุปเป็นสารสนเทศเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาโดยวิธีการแก้ปัญหาที่นี้อาจมีได้มากกว่าหนึ่งวิธี จากนั้นจึงพิจารณาและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสมและสอดคล้องกับปัญหา

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design) เป็นขั้นตอนของการออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ โดยการประยุกต์ใช้ข้อมูลที่ได้จากการรวบรวมในขั้นที่ 2 ซึ่งขั้นตอนนี้จะช่วยสื่อสารแนวคิดของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นเข้าใจโดยผ่านวิธีการต่าง ๆ เช่น การร่างภาพ และการอธิบาย

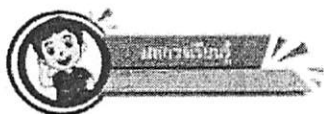
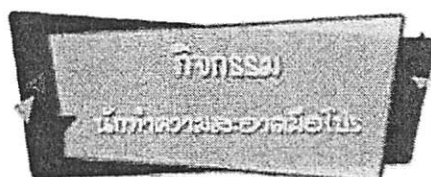
ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) เป็นขั้นตอนการวางลำดับขั้นตอนในการสร้างวิธีการแก้ปัญหา จากนั้นจึงลงมือสร้างรูปแบบการแก้ปัญหาตามแผนที่ได้จัดทำไว้เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement) เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบและประเมินวิธีการที่สร้างขึ้นว่า สามารถทำให้ในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ มีข้อบกพร่องอย่างไร และควรปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองวิธีการในส่วนตัว และควรปรับปรุงแก้ไขอย่างไร แล้วจึงดำเนินการปรับปรุงแก้ไขในส่วนนั้นจนได้วิธีการที่สอดคล้องตามรูปแบบที่ออกแบบไว้

ขั้นที่ 6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation) เป็นขั้นตอนของการคิดวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เกี่ยวกับวิธีการที่สร้างขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาหรือสนทนาความต้องการ

สารบัญ

	หน้า
ผลการเรียนรู้.....	1
วัตถุประสงค์กิจกรรม.....	1
บทบาทกิจกรรม.....	3
กิจกรรมที่ 1 ระบุปัญหา (Problem Identification).....	4
กิจกรรมที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา (Related Information Search).....	6
กิจกรรมที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา (Solution Design).....	17
กิจกรรมที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) และ ทดสอบ ประเมินผล ปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Testing, Evaluation and Design Improvement).....	20
กิจกรรมที่ 5 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน (Presentation).....	25



4. ทดลองและอธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

5. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยา



➤ ด้านความรู้

เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

1. ทำการทดลอง และอธิบายผลของความเข้มข้นของสาร พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

2. เปรียบเทียบอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

➤ ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

เมื่อนักเรียนเรียนรู้ด้วยกิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

1. การสร้างสรรค์และนวัตกรรม (creativity and innovation skills)

1.1) อธิบายคำตอบได้ภายในเวลาที่กำหนดและมีความเชื่อมั่นกล้าตัดสินใจแสดงความคิดในการหาคำตอบได้

1.2) หากคำตอบได้อย่างหลากหลาย และคิดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้านได้

1.3) วางแผนและอธิบายการคิดในลักษณะที่แปลกใหม่ ที่แตกต่างจากความคิดของผู้อื่น หรือนำความรู้เดิมมาคิดแปลง และประยุกต์ต่อตัวอธิบายในสถานการณ์ใหม่ได้

1.4) สร้างผลงานใหม่ ๆ ได้ หรือคิดแปลงประยุกต์ผลงานเดิมให้จับผลงานใหม่ได้

2. การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา (critical thinking and problem)

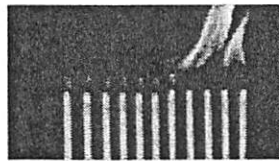
- 2.1) ระบุปัญหาและทำความเข้าใจในปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้
- 2.2) ระบุแหล่งข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา จัดระบบข้อมูลโดยวิธีการต่าง ๆ วิจัยความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าจากสถานการณ์ได้
- 2.3) วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุหลาย ๆ ทางในการแก้ปัญหาและกำหนดหรือคาดการณ์วิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้
- 2.4) ออกแบบการศึกษาค้นคว้าตามแผนที่วางไว้ เก็บรวบรวมข้อมูลของผลลัพธ์กับออกแบบได้อย่างต่อเนื่อง ครบถ้วน และจัดการกับข้อมูลที่รวบรวมมาได้
- 2.5) พิจารณาเหตุผลให้เพียงพอในการสรุปปัญหาได้อย่างถูกต้องได้
- 2.6) พิจารณาผลการตัดสินใจเพื่อเปลี่ยนแปลงข้อสรุปใหม่ในการแก้ปัญหาหาฉันทุผลหรือข้อมูลเพิ่มเติมและนำข้อสรุปไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ สถานการณ์ได้

3. การสื่อสารและการร่วมมือ (communication and collaboration)

- 3.1) บอกสิ่งที่ผู้พูด ผู้เขียนต้องการสื่อความหมาย และระบุใจความหรือประเด็นสำคัญจากเรื่องที่ย่านหรือรับฟังได้
- 3.2) การพูดให้คนอื่นเข้าใจ ความคิดมุมมอง และความรู้สึก ด้วยภาษาของตนเองรวมทั้งยกตัวอย่างประกอบ และสามารถเขียนบรรยายเรื่องราวต่าง ๆ ให้ผู้อื่นอ่านและเข้าใจได้ รวมถึงการใช้ภาษาทางคณิตศาสตร์ และสร้างความสัมพันธ์กับเพื่อนในเชิงบวก
- 3.3) การเลือกวิธีการสื่อสารให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ สถานการณ์ และผู้รับสาร โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อตนเองและสังคม เพื่อถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความคิด ความรู้ และความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนคติของตนเองได้
- 3.4) ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้กระบวนการกลุ่มในการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบในหน้าที่ ในฐานะเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มได้
- 3.5) การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพื่อประกอบการตัดสินใจเสมอ แม้ว่าความคิดเห็นนั้นจะแตกต่างจากตนและสามารถปรับเปลี่ยนผลงานตามคำแนะนำหรือความต้องการของเพื่อนในกลุ่มได้



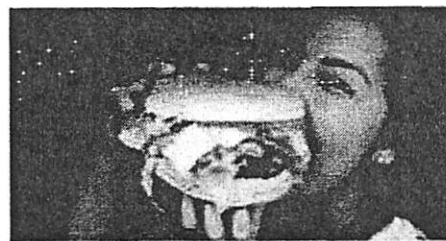
อกทำกิจกรรม



8 ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีเราสามารถสังเกตเห็นได้หรือไม่

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

คำชี้แจง : ให้นักเรียนพิจารณาภาพต่อไปนี้แล้วร่วมกับอภิปรายในประเด็นต่าง ๆ ดังนี้



ที่มา <https://www.shopback.co.th/blog/กินผักคนเดียว>

9 การรับประทานอาหาร นักเรียนควรเคี้ยวอาหารให้ละเอียดก่อนกลืนเพราะอะไร

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



ปฏิกิริยาเคมีบางปฏิกิริยาสามารถเกิดขึ้นได้เองที่อุณหภูมิห้อง บางปฏิกิริยาจะเกิดขึ้นได้ต้องมีอุณหภูมิสูง ปฏิกิริยาเคมีบางชนิดเกิดขึ้นได้ช้า บางชนิดเกิดขึ้นได้เร็ว นักเรียนคิดว่ามีปัจจัยใดบ้างที่อาจส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา



กิจกรรมที่ 1

จุดประสงค์กิจกรรม

เมื่อเรียนรู้กิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

- 1) อธิบายคำตอบได้ภายในเวลาที่กำหนด และมีความเชื่อมโยงกับกล้าคิดสิ่งใจแสดงความคิดเห็นในการหาคำตอบได้
- 2) ระงับปัญหาและทำความเข้าใจในปัญหาจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นได้
- 3) บอกสิ่งที่ผู้พูด/ผู้เขียนต้องการสื่อความหมาย และระงับใจความหรือประเด็นสำคัญจากเรื่องที่อ่านหรือรับฟังได้

คำชี้แจงกิจกรรม



ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้แล้วหาคำถาม

สถานการณ์ที่ 1

อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิอยู่ในภูมิภาคที่อุดมสมบูรณ์ถูกปล้นพรอบด้วยภูเขามากมาย อีกทั้งยังมีสถานที่ท่องเที่ยวที่น่าสนใจโดยเฉพาะถ้ำหินงอก หินย้อยต่าง ๆ เช่น ถ้ำวัวแดง ถ้ำแก้ว เป็นต้น โดยชาวบ้านมีอมชุดเจาะน้ำใต้ดินหรือน้ำบาดาล (groundwater) ขึ้นมาใช้ในการอุปโภคบริโภค เนื่องจากชุมชนอยู่บนที่ราบสูงทำให้ไม่มีแม่น้ำสายหลักไหลผ่าน โรงเรียนเจริญทองพิทยาคมเป็นหนึ่งในโรงเรียนที่อยู่ในเขตอำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิที่มีการขุดเจาะน้ำบาดาล (groundwater) มาใช้สำหรับการอุปโภคบริโภคในโรงเรียน



มีวันหนึ่งป้าเยี่ยมแม่บ้านประจำของโรงเรียนได้รับมอบหมายให้ดูแลและทำความสะอาดห้องน้ำในโรงเรียน เมื่อเข้าไปห้องน้ำพบว่าภายในห้องน้ำบริเวณที่น้ำซึ่งอยู่มีคราบสีเหลืองอ่อน ลักษณะแข็งเกาะติดแน่น อยู่ตามพื้น ผิวน้ำ และบริเวณอ่างล้างมือจำนวนมาก คิดเป็นพื้นที่ 12 ตารางเมตร ซึ่งป้าเยี่ยมได้ทดลองทำความสะอาดโดยใช้น้ำยาล้างห้องน้ำที่มีส่วนผสมของกรดไฮโดรคลอริกมีความเข้มข้น 15%w/w ปรากฏว่าเกิดฟองแก๊สขึ้น และทำให้คราบน้ำมันหายไปเพียงเล็กน้อย

เงื่อนไข

เมื่อป้าเยี่ยมมีเวลาในการแก้ปัญหาคราบสีเหลืองอ่อน ที่เกาะติดแน่นอยู่ตามพื้น ผิวน้ำ และบริเวณอ่างล้างมือนี้เพียง 10 นาที

จากปัญหาและเงื่อนไขที่กำหนดให้นักเรียนแสดงความคิดตามข้อคำถาม ดังนี้ (10 นาที)

1. จากสถานการณ์ที่กำหนดให้นักเรียนระบุ
สิ่งที่เป็นปัญหาของป้าเยี่ยมทั้งหมด
(สามารถเขียนได้มากกว่า 1 ปัญหา)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. สาเหตุของปัญหาทั้งหมดคือ
อะไรบ้าง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากสถานการณ์และเงื่อนไขที่กำหนดให้นักเรียนคิดว่าปัญหาใดเป็นปัญหาที่นักเรียนต้อง
ดำเนินการแก้ไขป้าเยี่ยม

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 2

๑ จุดประสงค์กิจกรรม

เมื่อเรียนรู้กิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

1) ระบุแหล่งข้อมูล เก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหา จัดระบบข้อมูลโดยวิธีการต่าง ๆ วิจัยถึงความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าจากสถานการณ์ได้

2) วิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุหลาย ๆ ทางในการแก้ปัญหาและกำหนดหรือคาดเดาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้

3) ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้กระบวนการกลุ่มในการคิดวิเคราะห์ และการทำงานปัญหา มีความรับผิดชอบในหน้าที่ ใญ่ฐานะเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มได้

๒ คำชี้แจงกิจกรรม :



- ให้นักเรียนจับกลุ่ม กลุ่มละ 5 คนตามความสมัครใจ และกำหนดบทบาทหน้าที่หลักของสมาชิกโดยให้สีเป็นตัวกำหนดดังตาราง

สี	จำนวนสมาชิก (คน)	หน้าที่
สีเขียว	1	เตรียมวัสดุ-อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง
สีน้ำเงิน	1	ทำหน้าที่อ่านวิธีการทดลองทำความเข้าใจและอธิบายให้สมาชิกในกลุ่มฟัง
สีแดง	1	ทำหน้าที่บันทึกผลการทดลอง
สีฟ้า	2	ทำหน้าที่นำเสนอผลการทดลอง

2. กิจกรรมนี้ประกอบด้วยกิจกรรมการทดลอง จำนวน 3 กิจกรรม

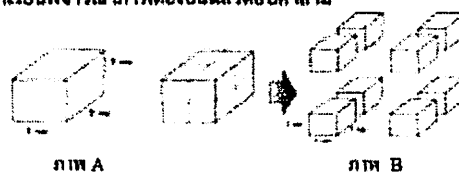
1.1) กิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง ผลปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

1.2) กิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง ผลของปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโอไซด์เฟดกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

1.3) กิจกรรมการทดลองที่ 3 เรื่อง ผลของสารบางชนิดที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

กิจกรรมการทดลองที่ 1

8 ให้นักเรียนพิจารณาภาพต่อไปนี้แล้วตอบคำถาม



1. เมื่อใส่ก้อนในภาพ A แต่ละด้านยาว 2 cm พื้นที่ผิวทั้งหมดของภาพ A เป็นเท่าใด

2. เมื่อตัดก้อน A เป็นก้อนเล็ก ๆ โดยแต่ละด้านยาว 1 cm จะได้ดังภาพ B จำนวน 8 ก้อน พื้นที่ผิวทั้งหมดของภาพ B เป็นเท่าใด

3. จากข้อ 1 และข้อ 2 ทำให้นักเรียนทราบอะไร



เรื่อง ผลปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนต กับกรดไฮโดรคลอริก

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทดลองเพื่อศึกษานกของความเข้มข้น และพื้นที่ผิวต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. อธิบายผลของความเข้มข้น และพื้นที่ผิวต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

สารเคมี

- | | | |
|--|-----|-----------|
| 1) Calcium Carbonate (CaCO_3) แบบผง | 0.4 | กรัม |
| 2) Calcium Carbonate (CaCO_3) แบบเม็ด | 0.4 | กรัม |
| 3) 0.1 M Hydrochloric Acid (HCl) | 20 | มิลลิลิตร |
| 4) 0.5 M Hydrochloric Acid (HCl) | 20 | มิลลิลิตร |

วัสดุและอุปกรณ์

- | | |
|------------------------|---------|
| 1. กระบอกตวงขนาด 10 mL | 1 อัน |
| 2. บีกเกอร์ขนาด 100 mL | 4 ใบ |
| 3. นาฬิกาจับเวลา | 1 เรือน |

☞ วิธีการทดลอง

- 1) เตรียมบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 4 ใบ จากนั้นกำหนดหมายเลข 1- 4 บีกเกอร์นั้นด้วยปากกาสีน้ำเงิน
- 2) ชั่ง Calcium Carbonate แบบผง จำนวน 0.1 กรัม ใส่บีกเกอร์ที่ 1 และ 3
- 3) ชั่ง Calcium Carbonate แบบเม็ดจำนวน 0.1 กรัม ใส่บีกเกอร์ที่ 2 และ 4
- 4) เติม 0.1 M Hydrochloric Acid จำนวน 10 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ที่ 1 จับเวลาจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด (สังเกตไม่เห็นฟองแก๊สแล้ว) บันทึกผลการทดลอง
- 5) 0.1 M Hydrochloric Acid จำนวน 10 มิลลิลิตรใส่บีกเกอร์ที่ 2 จับเวลาจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด (สังเกตไม่เห็นฟองแก๊สแล้ว) บันทึกผลการทดลอง
- 6) เติม 0.5 M Hydrochloric Acid จำนวน 10 มิลลิลิตรลงในบีกเกอร์ที่ 3 จับเวลาจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด (สังเกตไม่เห็นฟองแก๊สแล้ว) บันทึกผลการทดลอง
- 7) เติม 0.5 M Hydrochloric Acid จำนวน 10 มิลลิลิตรใส่บีกเกอร์ที่ 4 จับเวลาจนกระทั่งปฏิกิริยาเคมีสิ้นสุด (สังเกตไม่เห็นฟองแก๊สแล้ว) บันทึกผลการทดลอง

☞ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น**☞ บันทึกผลการทดลอง**

บีกเกอร์ หมายเลข	การทำปฏิกิริยาระหว่าง	เวลาที่ใช้ ในการทำปฏิกิริยา (วินาที)
1	Calcium Carbonate แบบผง จำนวน 0.1 กรัม + 0.1 M Hydrochloric Acid จำนวน 10 มิลลิลิตร	
2	Calcium Carbonate แบบเม็ด จำนวน 0.1 กรัม + 0.1 M Hydrochloric Acid จำนวน 10 มิลลิลิตร	
3	Calcium Carbonate แบบผง จำนวน 0.1 กรัม + 0.5 M Hydrochloric Acid จำนวน 10 มิลลิลิตร	
4	Calcium Carbonate แบบเม็ด จำนวน 0.1 กรัม + 0.5 M Hydrochloric Acid จำนวน 10 มิลลิลิตร	

☞ อธิบายผลการทดลอง

1. เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาคงมีจนกระทั่งไม่เห็นฟองแก๊สเกิดขึ้นในแต่ละบีกเกอร์เท่ากันหรือไม่

.....

2. เมื่อเปรียบเทียบกับบีกเกอร์ใบที่ 1 และใบที่ 2 ผลการทดลองเป็นอย่างไร

.....

.....

3. เมื่อเปรียบเทียบกับบีกเกอร์ใบที่ 1 และใบที่ 3 ผลการทดลองเป็นอย่างไร

.....

.....

4. เมื่อเปรียบเทียบกับบีกเกอร์ใบที่ 1 และใบที่ 4 ผลการทดลองเป็นอย่างไร

.....

.....

☞ สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....




กิจกรรมการทดลองที่ 2

๘ พลังงานจลน์เกี่ยวข้องกับการเกิดปฏิกิริยาอย่างไร

๘ นักเรียนคิดว่า การเพิ่มพลังงานจลน์ให้ตัวทำปฏิกิริยาจะทำให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดเร็วขึ้นหรือไม่ เพราะอะไร

พลังงานจลน์เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น มีผลทำให้จำนวนอนุภาคของตัวทำปฏิกิริยามีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้น แล้วพลังงานจลน์นี้จะมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีหรือไม่ นักเรียนศึกษาได้จากผลของปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮไดรอกไซด์กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริกต่อไปนี้



เรื่อง ผลของปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮไดรอกไซด์
กับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

จุดประสงค์การทดลอง

1. ทดลองเพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. เพื่ออธิบายผลของอุณหภูมิต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

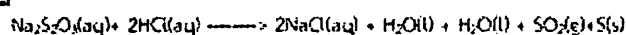
สารเคมี

1. 0.1 M Sodium Thiosulfate ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$)	100	มิลลิลิตร
2. 0.2 M Hydrochloric Acid (HCl)	100	มิลลิลิตร
3. Distilled water (H_2O)		
4. Ice		

วัสดุและอุปกรณ์

1. หลอดทดลองขนาดกลาง	24	อัน
2. บีกเกอร์ขนาด 150 มิลลิลิตร	3	ชุด
3. จุดตะเกียงแอลกอฮอล์	1	จุด
4. เทอร์มอมิเตอร์	1	อัน
5. กระดาษขาวขนาด 1 x 1 ตารางเซนติเมตร	12	แผ่น

☞ **ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น**



☞ **วิธีการทดลอง**

จุดหมุ่ห้อง

- 1) นำกระดาษขดิกเกอร์สีขาวเขียนเครื่องหมาย X ในด้านที่มีขาว แล้วติดที่หลอดทดลองขนาดกลาง โดยให้เครื่องหมายอยู่สูงกว่าก้นหลอดทดลองประมาณ 2.5 เซนติเมตร ดังภาพ
- 2) เติม 0.1 M Sodium Thiosulfate จำนวน 5 มิลลิลิตร
- 3) เติม 0.2 M Hydrochloric Acid ลงในหลอดทดลองที่มีเครื่องหมาย X อยู่ จำนวน 5 มิลลิลิตร จากนั้นจับเวลาตั้งแต่เริ่มผสมสารละลายจนเริ่มมองไม่เห็นเครื่องหมายภาพแล้วบันทึกผลการทดลอง



จุดหมุ่ต่าง ๆ

- 1) เติม 0.1 M Sodium Thiosulfate จำนวน 5 มิลลิลิตร ในหลอดที่ 1
- 2) เติม 0.2 M Hydrochloric Acid จำนวน 5 มิลลิลิตร ในหลอดที่ 2
- 3) นำแยกหลอดทั้งสองที่ रखไปทำให้มีจุดหมุ่ที่ชัดเจน
- 4) เช็ดหลอดทดลองทั้งสองให้แห้ง แล้วนำกระดาษขดิกเกอร์สีขาวเขียนเครื่องหมาย X ในด้านที่มีขาว แล้วติดที่หลอดทดลองขนาดกลาง โดยให้เครื่องหมายอยู่สูงกว่าก้นหลอดทดลองประมาณ 2.5 เซนติเมตรติดในหลอดที่ 2
- 5) เทสารละลายในหลอดที่ 1 ลงในหลอดที่ 2 จากนั้นจับเวลาตั้งแต่เริ่มผสมสารละลายจนเริ่มมองไม่เห็นเครื่องหมายภาพแล้วบันทึกผลการทดลอง

หมายเหตุ : 1) การทดลองที่จุดหมุ่ 20 องศาเซลเซียส ให้นักเรียนนำหลอดทดลองไปแช่ในน้ำแข็ง

2) การทดลองที่จุดหมุ่ 60 องศาเซลเซียส ให้นักเรียนนำหลอดทดลองไปแช่ในอ่างน้ำควบคุมจุดหมุ่ (Water Bath)

☞ **บันทึกผลการทดลอง**

จุดหมุ่ (องศาเซลเซียส)	เวลาในการเกิดปฏิกิริยา (วินาที)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
จุดหมุ่ห้อง (.....)				
20				
60				

➡ **อภิปรายผลการทดลอง**

1. ปกติเขียนสังเกตการเกิดปฏิกิริยาได้จากอะไร

.....
.....

2. การนำสารละลายไปแช่ในน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิเพื่ออะไร

.....
.....

3. เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นหรือต่ำลงจากอุณหภูมิห้อง เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยาเคมีเป็นอย่างไร

.....
.....

➡ **สรุปผลการทดลอง**

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

กิจกรรมการทดลองที่ 3

➤ คิวเร่งปฏิกิริยาคืออะไร

.....

.....

➤ นักเรียนรู้จักคิวเร่งปฏิกิริยาเคมีในธรรมชาติหรือไม่ และมีหน้าที่อะไร

.....

.....



นักวิทยาศาสตร์ได้คิดวิธีการใส่สารเคมีหรือโลหะบางชนิดเพิ่มเข้าไปในปฏิกิริยาเคมีแล้วทำให้ปฏิกิริยาเคมีนั้นเกิดเร็วขึ้น เพื่อลดระยะเวลาในการเกิดปฏิกิริยาเคมีจากการเพิ่มอุณหภูมิหรือเพิ่มพื้นที่ผิว นักเรียนจะได้ศึกษาโดยอาศัยการทดลองดังนี้



เรื่อง มวลของสารบางชนิดที่ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

จุดประสงค์การทดลอง

1. ขาดลงเพื่อศึกษามวลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
2. เพื่ออธิบายผลของสารบางชนิดที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี

สารเคมี

1. กรด $C_2H_2O_4$ เข้มข้น 0.05 M
2. สารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1 M
3. สารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 0.005 M
4. สารละลายกรด CH_3COOH เข้มข้น 0.5 M
5. สารละลาย $MnSO_4$ เข้มข้น 0.1 M
6. ผง NaF 0.1 กรัม
7. เปลือกไข่

วัสดุอุปกรณ์

- | | |
|-------------------------|--------------|
| 1. หลอดทดลองขนาดกลาง | จำนวน 4 หลอด |
| 2. บีกเกอร์ ขนาด 100 mL | จำนวน 4 ใบ |

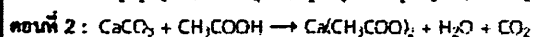
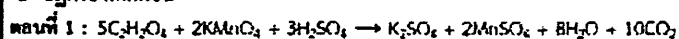
☞ วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลของสารละลายแมงกานีส (II) ซัลเฟตต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายกรดออกซาลิกกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

- ใส่สารละลายกรด $C_2H_2O_4$ เข้มข้น 0.05 M ปริมาตร 2 mL และสารละลายกรด H_2SO_4 เข้มข้น 1 M ปริมาตร 1 mL ลงในหลอดทดลองจำนวน 2 หลอด
- เติมสารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 0.005 M ปริมาตร 2 mL ลงในหลอดทดลองที่ 1 เขย่า พร้อมทั้งเริ่มจับเวลาจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี
- เติมสารละลาย $KMnO_4$ เข้มข้น 0.005 M ปริมาตร 2 mL และสารละลาย $MnSO_4$ เข้มข้น 0.1 M จำนวน 5 หยดลงในหลอดทดลองที่ 2 เขย่าพร้อมทั้งเริ่มจับเวลาจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี
- บันทึกผลการสังเกตลงในตารางบันทึกผล

ตอนที่ 2 ผลของโซเดียมฟลูออไรด์ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเปลือกไข่กับสารละลายกรดอะซิติก

- ลอกเปลือกไข่ในของเปลือกไข่ออก นำไปล้างและตากให้แห้งแล้วบดให้ละเอียดด้วยโกร่ง
- นำเปลือกไข่ที่บดละเอียดใส่ลงในหลอดทดลอง 2 หลอด หลอดละ 1 กรัม
- นำหลอดทดลองที่ 1 มาใส่ผง NaF 0.1 กรัม คลุกเคล้าให้ทั่ว
- นำหลอดทดลองทั้ง 2 หลอดมาเติมสารละลายกรด CH_3COOH เข้มข้น 0.5 M หลอดละ 3 mL สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
- บันทึกผลการสังเกตลงในตารางบันทึกผล

☞ ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

☉ บันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 ผลของสารละลาย $MnSO_4$ ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารละลายกรดออกซาลิกกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

หลอดทดลอง	เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา
1	
2	

ตอนที่ 2 ผลของ NaF ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างเกลือไนกับสารละลายกรดแอสซิดิก

หลอดทดลอง	เวลาที่ใช้ในการเกิดปฏิกิริยา
1	
2	

☉ อภิปรายผลการทดลอง

1. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารทั้ง 2 หลอดในตอนที่ 1 แตกต่างกันหรือไม่ ลักษณะใด

.....

.....

2. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารทั้ง 2 หลอดในตอนที่ 2 แตกต่างกันหรือไม่ ลักษณะใด

.....

.....

.....

☉ สรุปผลการทดลอง

.....

.....



บทสรุป : จากกิจกรรมการทดลองที่ 1-3

1) ข้อสรุปจากกิจกรรมการทดลองที่ 1 เรื่อง ผลของปฏิกิริยาระหว่างแคลเซียมคาร์บอเนตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

2) ข้อสรุปจากกิจกรรมการทดลองที่ 2 เรื่อง ผลของปฏิกิริยาระหว่างโซเดียมไฮโอไซด์เฟตกับสารละลายกรดไฮโดรคลอริก

3) ข้อสรุปจากกิจกรรมการทดลองที่ 3 เรื่อง ผลของสารบางชนิดที่ต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4) จากกิจกรรมการทดลองที่ 1 - 3 ทำให้สามารถสรุปได้ว่า ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี คือ

5) หากนักเรียนต้องการช่วยป้าเยี่ยมในการหาสูตรทำน้ำยาล้างห้องน้ำนักเรียนจะต้อง

1. ศึกษากฎปฏิกิริยาเคมีที่มีลักษณะอย่างไร

2. เก็บสารที่จะศึกษาอย่างไร

3. หากพบว่าเกิดปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นช้า นักเรียนจะต้องปฏิบัติอย่างไร

สรุป: นักเรียนมีแนวทางการช่วยเหลือน้าเยี่ยมและครูหน่อยแก้ปัญหาตามสถานการณ์อย่างไร

กิจกรรมที่ 3

จุดประสงค์กิจกรรม

เมื่อเรียนรู้กิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

- 1) ออกแบบการศึกษาค้นคว้าตามแผนที่วางไว้ เก็บรวบรวมข้อมูลสอดคล้องกับการออกแบบได้อย่างต่อเนื่อง ครบถ้วน และจัดกระทำกับข้อมูลที่รวบรวมมาได้
- 2) การพูดให้คนอื่นเข้าใจ ความคิดมุมมอง และความรู้สึก ด้วยภาษาของตนเองรวมทั้งยกตัวอย่างประกอบ และสามารถเขียนบรรยายเรื่องราวต่าง ๆ ให้ผู้อื่นอ่านและเข้าใจได้ รวมถึงการใช้ภาษาทางคิดต่อสื่อสาร และสร้างความสัมพันธ์กับเพื่อนในเชิงบวก
- 3) ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้กระบวนการกลุ่มในการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบในหน้าที่ ในฐานะเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มได้
- 4) การรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น เพื่อประกอบการตัดสินใจเสมอ แม้ว่าความคิดเห็นจะแตกต่างจากตนและสามารถปรับเปลี่ยนผลตามคำแนะนำหรือความต้องการของเพื่อนในกลุ่มได้

คำชี้แจงกิจกรรม :



1. ให้นักเรียนนำสถานการณ์ในกิจกรรมที่ 1 และความรู้จากบทสรุปจากกิจกรรมการทดลองที่ 1 - 3 มาบูรณาการกัน จากนั้นประมวลความรู้เพื่อให้ได้แนวคิดที่เกี่ยวข้องมาใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์
- 2) นักเรียนศึกษาวัสดุและอุปกรณ์ที่ครูเตรียมไว้ให้ ซึ่งเป็นข้อจำกัดในการแก้ปัญหา
- 3) นักเรียนสร้างแบบร่างที่ใช้ในการแก้ปัญหา อาจวาดผังงานหรือเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหาแล้วนำเสนอต่อกลุ่ม (ให้สมาชิกบันทึก VDO การนำเสนอ)
- 4) นักเรียนร่วมกับกลุ่ม คัดเลือกแบบร่างที่ดีที่สุด



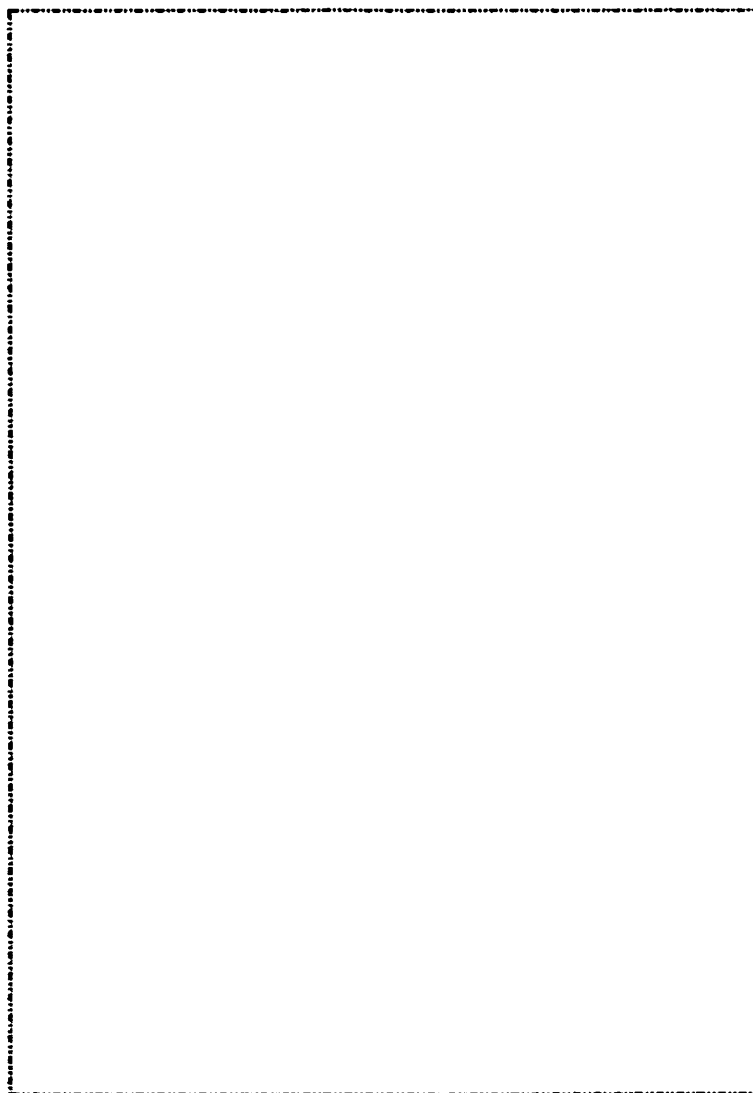
สารเคมีที่นักเรียนจะได้รับ คือ

1. สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 12 M ปริมาณ 10 mL
2. แคลเซียมคาร์บอเนตแบบเม็ด จำนวน 5 กรัม

วัสดุสารเคมี

สารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 12 M จำนวน 1 ขวด (250 mL) ราคา 76 บาท

1. จากสถานการณ์ใบกิจกรรมที่ 1 ให้นักเรียนเขียนแบบร่างการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ
ของตนเอง โดยอาจวาดผังงานหรือเขียนขั้นตอนการแก้ปัญหา



2. จากการพิจารณาผลงานแบบร่างการแก้ปัญหาของเพื่อนในกลุ่ม

2.1 แบบร่างของนักเรียนมีข้อดีและข้อเสีย อย่างไร

ข้อดี	ข้อเสีย

2.2 หากเพื่อนนักเรียนมีข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม นักเรียนจะปรับผลงานแบบร่างการแก้ปัญหาหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

3. ให้นักเรียนเขียนแบบร่างการแก้ปัญหาของกลุ่มนักเรียน

กิจกรรมที่ 4

จุดประสงค์กิจกรรม

เมื่อเรียนรู้กิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

- 1) ท้าคำตอบได้อย่างหลากหลาย และตัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้านได้
- 2) วางแผนและอธิบายการคิดในลักษณะที่แปลกใหม่ ที่แตกต่างจากความคิดของผู้อื่น หรือนำความรู้เดิมมาคิดแปล และประยุกต์ต่อการอธิบายในสถานการณ์ใหม่ได้
- 3) สร้างผลงานใหม่ ๆ ได้ หรือคิดแปลงประยุกต์ผลงานเดิมให้เป็นผลงานใหม่ได้
- 4) พิจารณาเหตุผลให้เพียงพอในการสรุปปัญหาให้ได้อย่างถูกต้องได้
- 5) พิจารณาเหตุการณ์ที่คิดสนใจเพื่อเอามาประจักษ์สรุปใหม่ในการแก้ปัญหาหากมีเหตุผลหรือข้อมูลเพิ่มเติมและนำข้อสรุปไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาหลาย ๆ สถานการณ์ได้
- 6) ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพ ใช้กระบวนการกลุ่มในการคิดวิเคราะห์ และการแก้ปัญหา มีความรับผิดชอบในหน้าที่ ในฐานะเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มได้

คำชี้แจงกิจกรรม :



- 1) ให้นักเรียนนำรูปแบบการแก้ปัญหาของกลุ่มในสถานการณ์ที่กำหนดให้ มาวางแผนการทดลอง
- 2) นักเรียนร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนเรียนรู้จนได้แผนการทดลองของกลุ่มที่มีประสิทธิภาพที่สุด

จากการทดสอบทั้งหมด.....ครั้ง วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดของกลุ่มนักเรียนเป็นอย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

วิธีการแก้ปัญหาของกลุ่มนักเรียนมีค่าใช้จ่ายเท่าใด และเกิดความคุ้มค่าหรือไม่อย่างไร
เมื่อเทียบกับการใช้ยาถึงห้องบำบัดหนึ่งที่มีส่วนผสมของ Hydrochloric Acid 8.5% w/w
ปริมาตร 450 mL ราคา 45 บาท

.....

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 5

จุดประสงค์กิจกรรม

เมื่อเรียนรู้กิจกรรมนี้แล้วนักเรียนจะสามารถ

1) การเลือกวิธีการสื่อสารที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ สถานการณ์ และผู้รับสาร โดยคำนึงถึงผลกระทบต่อตนเองและสังคม เพื่อถ่ายทอดและแลกเปลี่ยนความคิด ความรู้ และความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนคติของตนเองได้

คำชี้แจงกิจกรรม :



ให้นักเรียนร่วมกับกลุ่มนำเสนอผลงาน พร้อมทั้งเกิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นสามารถตั้งคำถามและให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการแก้ปัญหาที่นำเสนอ

1) เพื่อนกลุ่มอื่นให้ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ เกี่ยวกับขั้นตอนการแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้

กลุ่มที่..... ให้ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ ดังนี้
ข้อคิดเห็น.....
ข้อเสนอแนะ.....

กลุ่มที่..... ให้ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ ดังนี้
ข้อคิดเห็น.....
ข้อเสนอแนะ.....

กลุ่มที่..... ให้ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ ดังนี้

ข้อคิดเห็น.....

ข้อเสนอแนะ.....

กลุ่มที่..... ให้ข้อคิดเห็น/ข้อเสนอแนะ ดังนี้

ข้อคิดเห็น.....

ข้อเสนอแนะ.....

2) นักเรียนจะมีวิธีการนำความรู้และความเข้าใจที่ได้รับจากกิจกรรมไปถ่ายทอด ให้ผู้อื่น
ได้ทราบอย่างไร

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

3) นักเรียนจะมีวิธีการนำความรู้และความเข้าใจที่ได้รับจากกิจกรรมไปใช้ใน
ชีวิตประจำวันอย่างไร

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

อนุทินการเรียนรู้ (Learning Journals)

ครั้งที่ 1

วันที่ เดือน พ.ศ.

• **สิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

• **นักเรียนมีมุมมองหรือความคิดเห็นอย่างไรต่อวิธีการเรียนในครั้งนี้**

.....

.....

• **สิ่งที่นักเรียนประทับใจในการทำกิจกรรมในครั้งนี้**

.....

.....

• **สิ่งที่นักเรียนคิดว่าเป็นปัญหาในการเรียนรู้**

.....

.....

• **คำถามที่นักเรียนสงสัย หรือสิ่งที่อยากรู้เพิ่มเติม**

.....

.....

• **ข้อเสนอแนะอื่น ๆ**

.....

(ลงชื่อ).....นักเรียน
(.....)

ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ศึกษาผลการใช้กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีดังนี้

1. แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย
 - 1.1 แบบวัดการสร้างสรรค์และนวัตกรรม
 - 1.2 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา
 - 1.3 แบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
3. แบบประเมินภาคปฏิบัติ ประกอบด้วย
 - 3.1 เกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตรวัดประมาณค่า
 - 3.2 แบบสังเกตการสื่อสาร
 - 3.3 แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน
 - 3.4 แบบสังเกตการนำเสนองาน
4. แบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ซึ่งเครื่องมือแต่ละชนิดมีรูปแบบดังนี้

แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

ชื่อ-สกุล.....เลขที่.....

คำชี้แจง

1. แบบวัดฉบับนี้สร้างขึ้นเพื่อวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งผลการตอบของนักเรียนจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. การทดสอบครั้งนี้ไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อนักเรียน กรุณาพิจารณาข้อความในแต่ละข้อ และตอบด้วยความคิดของนักเรียนเอง

3. แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมมีทั้งหมด 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 วัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1) แบบวัดเป็นแบบอัตนัยจำนวน 3 ข้อ ใช้เวลา 15 นาที

2) การทำแบบวัดแต่ละข้อจะใช้เวลาข้อละ 5 นาทีเท่านั้น เมื่อได้ยินสัญญาณหมดเวลาให้หยุดทำข้อสอบนั้นทันที แล้วรีบทำข้อถัดไป เมื่อได้ยินสัญญาณให้เริ่มทำ

3) นักเรียนจะได้รับคะแนนสูงถ้าสามารถตอบได้ คำตอบมากที่สุด หลากหลายวิธีหรือหลากหลายรูปแบบที่สุด มีเหตุผลและเป็นแนวคิดใหม่ที่เป็นของนักเรียนเองหรือตอบในเรื่องที่คนอื่นจะคิดไม่ถึง

ตอนที่ 2 วัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

แบบวัดเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก โดยมีลักษณะเป็นแบบสถานการณ์ที่นักเรียนพบในชีวิตประจำวัน ประกอบไปด้วย 5 สถานการณ์ จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที

ตอนที่ 3 วัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ

แบบวัดเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ มี 2 ตอน คือ

ตอนที่ 3.1 ข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ

ตอนที่ 3.2 ข้อคำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักเรียนในรูปแบบของสถานการณ์แล้วพิจารณาตามแนวการปฏิบัติที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุดเป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 4 ข้อ/สถานการณ์ รวม 8 ข้อ

ตัวอย่าง ตอนที่ 1 วัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม

คำชี้แจง : นักเรียนเติมคำตอบในสถานการณ์ที่กำหนดให้ตามความคิดของตนเองให้ได้มากที่สุด

จำนวน 3 ข้อ

- ข้อ 1. ถ้านักเรียนมีขวดพลาสติกขนาดบรรจุ 250 มิลลิลิตรที่ใช้แล้ว จำนวน 5 ขวด นักเรียนจะนำไปรีไซเคิลอย่างไรเพื่อใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน จงเขียนคำตอบอย่างน้อย 5 รายการ



- คำตอบที่ 1.....
- คำตอบที่ 2.....
- คำตอบที่ 3.....
- คำตอบที่ 4.....
- คำตอบที่ 5.....
- คำตอบที่ 6.....
- คำตอบที่ 7.....
- คำตอบที่ 8.....
- คำตอบที่ 9.....
- คำตอบที่ 10.....
- คำตอบที่ 11.....
- คำตอบที่ 12.....
- คำตอบที่ 13.....
- คำตอบที่ 14.....
- คำตอบที่ 15.....

ตัวอย่าง ตอนที่ 2 วัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

คำชี้แจง : นักเรียนอ่านสถานการณ์ตามกรอบ แล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ข้อ โดย X
ในกระดาษคำตอบ

อ่านข้อความต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม ข้อ 1 - 6



เปลือกพอลิเมอร์ (Poly-Cast) ที่อยู่ในมือของดีเจเทมส์ ถูกออกแบบให้เข้ากับสรีระผู้ป่วยให้ผู้ป่วยรู้สึกสบายแต่ยังคงไว้ซึ่งประสิทธิภาพของการรักษา ช่วยให้แพทย์ทำงานได้สะดวก รวดเร็วขึ้น ด้านนอกผลิตจากพอลิเมอร์คอมพาวด์ชนิดพิเศษ มีคุณสมบัติอ่อนตัวได้ ณ อุณหภูมิ 34°C สามารถใช้ความร้อนในการปรับรูปทรงของเปลือกตามลักษณะอาการบาดเจ็บ และยังมีสารป้องกันแบคทีเรีย ช่วยลดการเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากการอักเสบ ส่วนด้านในใช้วัสดุอีลาสโตเมอร์หุ้มด้วยผ้าชนิดพิเศษ ไม่อุ่มน้ำ เพิ่มความกระชับ ลดการเคลื่อนที่ของส่วนที่บาดเจ็บ และลดแรงกระแทก

ที่มา : <https://www.facebook.com/CrackYourCocoon/posts/994624000599871/>

ข้อ 1. จากสถานการณ์เกี่ยวกับนวัตกรรมทางการแพทย์ ที่มีการประยุกต์ใช้พอลิเมอร์ ข้อใดคือปัญหาที่นำมาสู่การพัฒนา นวัตกรรมได้เหมาะสมที่สุด

- ① การขาดแคลนวัตถุดิบในการผลิตเปลือก
- ② การพัฒนาเทคโนโลยีพอลิเมอร์ด้านการแพทย์
- ③ ราคาเปลือกที่ใช้ในโรงพยาบาลมีต้นทุนการผลิตสูง
- ④ การลดอาการบาดเจ็บของผู้ป่วยที่กระดูกหัก หรือผิดรูป

ข้อ 2. ข้อมูลที่นักวิจัยพัฒนาเปลือกพอลิเมอร์ควรศึกษาก่อนวางแผนพัฒนาคือข้อใด

- ① การยืดหยุ่นของพอลิเมอร์
- ② ต้นทุนการผลิตเปลือกพอลิเมอร์
- ③ โครงสร้างและสมบัติของพอลิเมอร์
- ④ การลดกลิ่นอับและป้องกันแบคทีเรีย

ข้อ 3. ข้อใดเป็นการวางแผนการทำงานของนักวิจัยพัฒนาเฟือกพอลิเมอร์

- ① นำเฟือกพอลิเมอร์ไปทดลองใช้กับผู้ป่วย
- ② ทดลองสังเคราะห์เฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ
- ③ ออกแบบการสังเคราะห์เฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ
- ④ จัดเตรียมสารมอนอเมอร์ที่ทำให้เกิดเป็นเฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ

ข้อ 4. ข้อใดเป็นขั้นตอนการดำเนินการแก้ปัญหาของนักวิจัยพัฒนาเฟือกพอลิเมอร์

- ① นำเฟือกพอลิเมอร์ไปทดลองใช้กับผู้ป่วย
- ② ทดลองสังเคราะห์เฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ
- ③ ออกแบบการสังเคราะห์เฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ
- ④ จัดเตรียมสารมอนอเมอร์ที่ทำให้เกิดเป็นเฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ

ข้อ 5. ข้อใดแสดงถึงการตัดสินใจลงข้อสรุปการแก้ปัญหาของนักวิจัยพัฒนาเฟือกพอลิเมอร์ อย่างสมเหตุสมผล

- ① ทดลองสังเคราะห์เฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ
- ② ออกแบบการสังเคราะห์เฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ
- ③ นำเฟือกพอลิเมอร์ไปทดลองใช้กับผู้ป่วยแล้วมาปรับปรุงคุณภาพ
- ④ จัดเตรียมสารมอนอเมอร์ที่ทำให้เกิดเป็นเฟือกพอลิเมอร์ที่มีสมบัติตามต้องการ

ข้อ 6. จากสถานการณ์ควรทำตามแนวทางข้อใด จึงจะสามารถพัฒนาเฟือกพอลิเมอร์ให้เกิดความยั่งยืนและมีประโยชน์ต่อมนุษย์มากที่สุด

- ① การสร้างนักวิจัยทางด้านเฟือกพอลิเมอร์ให้มากขึ้น
- ② สังคมร่วมกันมีส่วนช่วยในการส่งเสริมการผลิตเฟือกพอลิเมอร์
- ③ ต้องมีการลงทุนโดยภาครัฐ และมีการเพิ่มงบประมาณเพื่อผลิตเฟือกพอลิเมอร์
- ④ วัสดุที่ใช้ในการผลิตเฟือกพอลิเมอร์สามารถหาได้ง่าย และราคาถูกเพื่อป้องกันการขาดแคลนในอนาคต

ตัวอย่าง ตอนที่ 3 วัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ

ตอนที่ 3.1 ข้อคำถามแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วเลือกคำตอบจากตัวเลือก 1 – 4 เพียงตัวเลือกเดียวให้สอดคล้องกันกับคำถาม

เรื่องที่ 1

ข้อ 1. ข้อความในข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อความเกี่ยวข้องกับบทความที่ได้ฟัง

- ① การทำฝนเทียม
- ② การใช้อินเทอร์เน็ต
- ③ การสร้างอนุสาวรีย์
- ④ การสร้างยานอวกาศ

ข้อ 2. ใจความสำคัญของบทความนี้ คือข้อใด

- ① โลกมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา
- ② การส่งต่อความรู้ เรียกว่า การศึกษา
- ③ โลกของเราขับเคลื่อนด้วยการศึกษา
- ④ การเปลี่ยนแปลงสิ่งต่าง ๆ ล้วนเกิดจากมนุษย์

ข้อ 3.

ญาญา อุรัสยา โพสต์อวยพรวันเกิด ณเดชน์ คูกิมิยะ บอกมีความสุขมาก ๆ ที่มีคนพิเศษแบบที่อยู่ในชีวิต ทำเอาแฟนคลับ NY ณเดชน์ ญาญา ฟินจิกหมอนกระจายในวันคล้ายวันเกิดของพระเอกหนุ่ม ณเดชน์ คูกิมิยะงานนี้คู่จิ้นสาว ญาญา อุรัสยา ก็ไม่พลาดที่จะโพสต์ภาพคู่ พร้อมข้อความอวยพรน่ารัก ๆ ขวนกรีดด้วย พร้อมทั้งหนุ่มณเดชน์ได้มาโพสต์ขอบคุณและเชิญชวนแฟนคลับหรือผู้ที่สนใจมาร่วมทริปทำบุญ 9 วัดในวันเสาร์ที่จะถึงนี้ และหากท่านสนใจที่จะร่วมทริปกับสองหนุ่มสาวคู่จิ้นคู่นี้ สามารถติดต่อคุณต้น เบอร์โทรศัพท์ 089-386xxxx ได้ทันที

จากข้อความดังกล่าว มีจุดประสงค์ใดบ้างในการสื่อสาร

- ① เพื่อชักจูง เพื่อการศึกษา
- ② เพื่อชักจูง เพื่อแจ้งให้ทราบ
- ③ เพื่อชักจูง เพื่อความบันเทิง
- ④ เพื่อการศึกษา เพื่อแจ้งให้ทราบ

ตัวอย่าง ตอนที่ 3.2 คำถามเกี่ยวกับพฤติกรรมของนักเรียน

คำชี้แจง ให้นักเรียนพิจารณาตัวเลือกข้อ 1- 5 ที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียนมากที่สุด
สถานการณ์ที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 11 – 14



ข้อ 11. จากสถานการณ์ที่ 1 นักเรียนมีความคิดเห็นต่อข้อความต่อไปนี้ระดับใด
“การวางแผนและกำหนดเป้าหมายในการทำงานวันไหว้ครูร่วมกัน
จะเป็นตัวกำกับการทำงานให้สำเร็จได้ตามเวลาและมีประสิทธิภาพ”

- ① เห็นด้วยอย่างยิ่ง
- ② เห็นด้วย
- ③ ไม่แน่ใจ
- ④ ไม่เห็นด้วย
- ⑤ ไม่เห็นด้วยเลย

จากสถานการณ์ที่ 1 หากเป็นนักเรียนจะทำตามข้อ 12 – 14 เพียงใด

ข้อ 12. ฉันจะวางแผนและกำหนดเป้าหมายในการทำงานวันไหว้ครูร่วมกับเพื่อน เพื่อ
เป็นตัวกำกับการทำงานให้สำเร็จได้ตามเวลาและมีประสิทธิภาพ

- ① จะทำแน่นอน
- ② คาดว่าจะทำ
- ③ ไม่แน่ใจ
- ④ ไม่ทำ
- ⑤ ไม่ทำแน่นอน

ข้อ 13. ฉันจะช่วยเพื่อนทำงานเฉพาะส่วนที่ตนเองต้องรับผิดชอบเท่านั้น

- ① จะทำแน่นอน
- ② คาดว่าจะทำ
- ③ ไม่แน่ใจ
- ④ ไม่ทำ
- ⑤ ไม่ทำแน่นอน

ข้อ 14. ฉันจะไม่อยู่ช่วยเพื่อน แต่จะแจ้งให้เพื่อนคนอื่นมาช่วยงานแทน

- ① จะทำแน่นอน
- ② คาดว่าจะทำ
- ③ ไม่แน่ใจ
- ④ ไม่ทำ
- ⑤ ไม่ทำแน่นอน

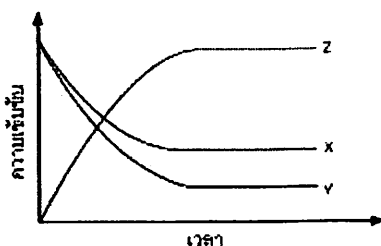
ตัวอย่างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

คำชี้แจง ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ข้อในกระดาษคำตอบ

ข้อ 1. ข้อใดไม่ได้แสดงว่าธรรมชาติของสารมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา

1. กระจกมีอายุการใช้งานน้อยกว่าพลาสติก
2. กลีบบดดูความชื้นเร็วกว่าผลึกน้ำตาลทราย
3. แบตเตอรี่ปรอทกับแบตเตอรี่แอลคาไลน์มีอายุใช้งานไม่เท่ากัน
4. เหล็กที่อยู่ในอากาศและความชื้นจะผุกร่อนได้เร็วกว่าอะลูมิเนียม
5. โลหะแมกนีเซียมทำปฏิกิริยากับกรดไฮโดรคลอริก แต่ไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะทองแดง

ข้อ 2. พิจารณากราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสาร X Y และ Z กับเวลาในการเกิดปฏิกิริยาให้ ดังนี้



ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปตามสมการในข้อใด

1. $Z \rightarrow X + Y$
2. $Z \rightarrow X + 2Y$
3. $X + Y \rightarrow Z$
4. $X + 2Y \rightarrow Z$
5. $2X + Y \rightarrow Z$

ตัวอย่าง เกณฑ์การให้คะแนน

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	
	ระดับ	ความหมาย
เกณฑ์การให้คะแนนทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม		
1.1 มีความคล่องในการคิด	3	นักเรียนสามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และสามารถระบุปัญหาที่แท้จริงที่ต้องแก้ไขในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้องภายในเวลาที่กำหนด
	2	นักเรียนสามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน และสามารถระบุปัญหาที่แท้จริงที่ต้องแก้ไขในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ถูกต้องได้ภายในเวลาที่กำหนด
	1	นักเรียนสามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหาได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน และไม่สามารระบุปัญหาที่แท้จริงที่ต้องแก้ไขในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ถูกต้องได้ภายในเวลาที่กำหนด
	0	นักเรียนไม่สามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหาและระบุปัญหาที่แท้จริงที่ต้องแก้ไขในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ภายในเวลาที่กำหนด

ตัวอย่าง แบบสังเกตการสื่อสาร

ผู้รับการประเมิน ชื่อ-สกุลเลขที่.....

คำชี้แจง: ประเมินทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ ข้อ 3.2 สื่อสารความคิดและมุมมองของตนเอง โดยใช้ภาษาพูด ภาษาเขียน และกิริยาท่าทางได้อย่างเหมาะสมของนักเรียน โดยทำเครื่องหมาย

✓ ลงในช่องคะแนนตามระดับการปฏิบัติ

ประเด็นการสังเกต	ระดับการปฏิบัติ		
	บ่อยครั้ง (2)	บางครั้ง (1)	ไม่เคย (0)
1. นักเรียนเขียนถ่ายทอดความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมในรูปแบบบันทึกกิจกรรมด้วยภาษาของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบ สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด			
2. นักเรียนเขียนถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากการทำกิจกรรมในรูปแบบบันทึกกิจกรรมด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด			
3. นักเรียนมีการพูดถ่ายทอดความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมให้เพื่อน ๆ ทราบด้วยภาษาของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบ สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด			
4. นักเรียนมีการพูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองจากการทำกิจกรรมขณะทำกิจกรรม ด้วยภาษาของตนเอง พร้อมยกตัวอย่างประกอบ สอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด			
5. นักเรียนสามารถสื่อสารกับเพื่อนโดยใช้ถ้อยคำที่สุภาพ มั่นใจ และดูไม่ก้าวร้าว			
5. ขณะที่นักเรียนพูดสื่อสารกับเพื่อนมีการสบตา			
6. นักเรียนมีการแสดงกิริยาท่าทางเพื่อสื่อความหมายโดยไม่ต้องใช้คำพูด หรือใช้เสริมคำพูดให้มีน้ำหนักมากขึ้น			
7. นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองกับผู้รับฟังการนำเสนอ			
รวมคะแนน			

ตัวอย่าง แบบสังเกตความร่วมมือในการทำงาน

ผู้รับการประเมิน ชื่อ-สกุลเลขที่.....

คำชี้แจง: การประเมินทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ ข้อ 3.3 สามารถเลือกใช้วิธีสื่อสารได้อย่างหลากหลายและเหมาะสม ของนักเรียน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนตามระดับการปฏิบัติ

ประเด็นการสังเกต	ระดับการปฏิบัติ		
	บ่อยครั้ง (2)	บางครั้ง (1)	ไม่เคย (0)
1. นักเรียนให้ความร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มในการทำกิจกรรม			
2. นักเรียนมีน้ำใจเอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ ช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่ม			
3. นักเรียนมีส่วนร่วมร่วมกับสมาชิกในกลุ่มทำกิจกรรมตลอดเวลา			
4. นักเรียนทำงานตามขั้นตอนอย่างชัดเจน			
5. นักเรียนตั้งใจทำตามคำสั่งเมื่อผู้นำหรือสมาชิกขอร้อง			
6. นักเรียนอธิบายเหตุผลเมื่อเพื่อนไม่เข้าใจการกระทำของตน			
7. นักเรียนแสดงออกถึงการสนับสนุนความคิดเห็นของเพื่อนที่มีเหตุผล			
8. นักเรียนแสดงออกถึงการยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่ม			
9. นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์			
10. นักเรียนตั้งใจทำงานตลอดเวลา และรับผิดชอบงานที่ตนเองได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ			
11. นักเรียนทำงาน/ปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับเสร็จทันเวลา			
รวมคะแนน			

ตัวอย่าง แบบสังเกตการนำเสนองาน

ผู้รับการประเมิน ชื่อ-สกุลเลขที่.....

คำชี้แจง: ประเมินทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ ข้อ 3.3 สามารถเลือกใช้วิธีสื่อสารได้อย่างหลากหลายและเหมาะสม ของนักเรียน โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนนตามระดับการปฏิบัติ

ประเด็นการสังเกต	ระดับการปฏิบัติ		
	บ่อยครั้ง (2)	บางครั้ง (1)	ไม่เคย (0)
1. มีการนำผลการสังเกต การวัด การทดลอง มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มี ความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น จนง่ายต่อการทำความเข้าใจหรือเห็นแบบรูปของข้อมูล			
2. มีการนำข้อมูลมาจัดทำในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ กราฟ การเขียนบรรยาย เพื่อสื่อสารให้ผู้ฟังเข้าใจ ความหมายของข้อมูลมากขึ้น			
3. มีสื่อประกอบการนำเสนอที่หลากหลาย และน่าสนใจ เช่น ภาพ วีดีโอ เป็นต้น			
4. นำเสนอผลงานที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและเพื่อนในห้อง โดยมีความหลากหลาย แปลกใหม่ น่าสนใจ ไม่ลอกเลียนแบบ และไม่ทำให้ผู้อื่นเดือดร้อน			
5. หลังการนำเสนอมีการแลกเปลี่ยนความคิด ความรู้และความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนคติของตนเองกับผู้รับฟังการนำเสนอ			
รวมคะแนน			

ตัวอย่าง
แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วย
กิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คำชี้แจง

1. แบบสอบถามนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษา พิจารณา 3 ด้าน คือ 1) ด้านปัจจัยนำเข้า 2) ด้านกระบวนการ และ 3) ด้านผลผลิต จึงขอความร่วมมือนักเรียน โปรดตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อตามความเป็นจริง เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมีให้ดียิ่งขึ้น ดังนั้นขอให้นักเรียนตอบให้ตรงกับความคิดเห็นและความรู้สึกที่แท้จริงของนักเรียนมากที่สุด

2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องความคิดเห็น

ระดับ 5 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ มากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ มาก

ระดับ 3 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ ปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ น้อย

ระดับ 1 หมายถึง นักเรียนมีความพึงพอใจ น้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ด้านปัจจัยนำเข้า					
1. เนื้อหาที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับนักเรียน					
2. คำชี้แจงกิจกรรม ชัดเจนอ่านแล้วเข้าใจง่าย					
3. ใบกิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสม					

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
ด้านกระบวนการ					
4. เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพียงพอต่อการเรียนรู้ของนักเรียน					
5. ความหลากหลาย และความท้าทายในการแก้ปัญหาของกิจกรรม					
6. ขั้นตอนของกิจกรรมนักเรียนสามารถปฏิบัติได้					
7. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนมีการริเริ่มความคิดหรือพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิม โดยมีความใหม่อย่างชัดเจน และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น					
8. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ปัญหา และหาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์					
9. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนสื่อสารความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย					
10. การประเมินท้ายกิจกรรมช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาตนเอง					
ด้านผลผลิต					
11. นักเรียนมีการริเริ่มความคิดหรืออยากพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิมให้มีความใหม่อย่างเห็นได้ชัดและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น					
12. เมื่อเกิดปัญหานักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ ส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการทั้งหมดของปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหาแนวทางแก้ปัญหาได้เหมาะสม					
13. เมื่อได้รับมอบหมายให้นำเสนอผลงานนักเรียนสามารถสื่อสารความคิดของตนเองทั้งใช้แบบใช้ภาษาและไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพ					
14. ขณะทำงานกลุ่มนักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย					
15. การเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน					

ภาคผนวก ง ผลการประเมินคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทาง
สะเต็มศึกษา ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ตาราง 32 ผลการพิจารณาผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็ม
ศึกษา ของผู้เชี่ยวชาญในภาพรวม

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น			\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ					
	แผน 1	แผน 2	แผน 3			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้						
1.1 สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้	4.40	4.60	4.60	4.53	0.52	มากที่สุด
2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้						
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการ เรียนรู้	4.40	4.60	4.60	4.53	0.52	มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.40	4.60	4.60	4.53	0.52	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้						
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	4.60	4.80	4.80	4.73	0.46	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.80	4.80	4.60	4.73	0.46	มากที่สุด
3.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ และ ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	4.60	4.80	4.60	4.67	0.49	มากที่สุด
4. สาระสำคัญ						
4.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	4.40	4.60	4.60	4.53	0.52	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4.40	4.60	4.60	4.53	0.52	มากที่สุด

ตาราง 32 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น			\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ					
	แผน 1	แผน 2	แผน 3			
5. กิจกรรมการเรียนรู้						
5.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	4.40	4.60	4.60	4.53	0.52	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4.60	4.80	4.60	4.67	0.49	มากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	4.60	4.80	4.60	4.67	0.49	มากที่สุด
5.4 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.60	4.80	4.60	4.67	0.49	มากที่สุด
5.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการ เรียนรู้มีความชัดเจนน่าสนใจ	4.20	4.40	4.20	4.27	0.59	มาก
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้ดำเนินครบ ตามแนวทางของสะเต็มศึกษา	4.80	4.80	4.80	4.80	0.41	มากที่สุด
5.7 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ นักเรียนเกิดพฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการริเริ่ม ความคิดหรือพัฒนาผลงานที่ แตกต่างจากเดิม มีความใหม่ อย่างชัดเจน นำไปสู่การ เปลี่ยนแปลงในทางที่ดี	4.60	4.40	4.60	4.53	0.74	มากที่สุด
5.8 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ นักเรียนเกิดพฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการใช้เหตุผล อย่างมีประสิทธิภาพรวมทั้งการ วิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ	4.80	4.80	4.60	4.73	0.46	มากที่สุด

ตาราง 32 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น			\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ					
	แผน 1	แผน 2	แผน 3			
ของกระบวนการทั้งหมด และหา แนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับ สถานการณ์						
5.9 กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้ นักเรียนเกิดความสามารถในการ สื่อสารความคิดทั้งใช้ภาษา และ ไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่าง มีประสิทธิภาพ และสามารถ ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตาม เป้าหมาย	4.60	4.40	4.40	4.47	0.64	มาก
5.10 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำ กิจกรรม	4.60	4.80	4.60	4.67	0.49	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล						
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การ เรียนรู้	4.80	4.80	4.60	4.73	0.46	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการ เรียนรู้	4.80	4.80	4.80	4.80	0.41	มากที่สุด
6.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผล ได้เหมาะสม	4.20	4.40	4.60	4.40	0.51	มาก
6.4 กำหนดเกณฑ์การวัดและ ประเมินผลที่เข้าใจง่าย	4.20	4.40	4.60	4.40	0.51	มาก

ตาราง 32 (ต่อ)

รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ยความคิดเห็น			\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับความ เหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ					
	แผน 1	แผน 2	แผน 3			
7. สื่อและแหล่งเรียนรู้						
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	4.80	4.80	4.60	4.73	0.46	มากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	4.80	4.80	4.60	4.73	0.46	มากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนรู้	4.80	4.80	4.60	4.73	0.46	มากที่สุด
7.4 เหมาะสมกับเวลาและวัย ของผู้เรียน	4.00	4.20	4.20	4.13	0.64	มาก
8. เวลา						
8.1 เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ มีความเหมาะสม	3.80	4.20	4.20	4.07	0.80	มาก
8.2 เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมการ เรียนรู้มีความเหมาะสม	3.80	4.40	4.20	4.13	0.74	มาก
ภาพรวม				4.56	0.56	มากที่สุด

ตาราง 33 ผลการพิจารณาผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ของผู้เชี่ยวชาญในแผนการจัดกิจกรรมที่ 1

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
เฉลี่ย	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
เฉลี่ย						4.40	0.52	มาก
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ และทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.67	0.49	มากที่สุด

ตาราง 33 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
4. สาระสำคัญ								
4.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการ เรียนรู้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
เฉลี่ย						4.40	0.52	มาก
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการ เรียนรู้	5	5	4	4	4	4.40	0.55	มาก
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.4 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้มีความชัดเจน น่าสนใจ	5	4	3	4	5	4.20	0.84	มาก
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้ ดำเนินครบตามแนวทางของ สะเต็มศึกษา	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตาราง 33 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
5.7 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด พฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการริเริ่ม ความคิดหรือพัฒนาผลงานที่ แตกต่างจากเดิม มีความใหม่ อย่างชัดเจน นำไปสู่การ เปลี่ยนแปลงในทางที่ดี	5	5	3	5	5	4.60	0.89	มากที่สุด
5.8 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด พฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการใช้ เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการทั้งหมด และหาแนวทางแก้ปัญหาที่ เหมาะสมกับสถานการณ์	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.9 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด ความสามารถในการสื่อสาร ความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้ อย่างมีประสิทธิภาพและ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้สำเร็จตามเป้าหมาย	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด

ตาราง 33 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
5.10 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ ทำกิจกรรม	4	5	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.58	0.57	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับกิจกรรม การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.3 ใช้เครื่องมือวัดและ ประเมินผลได้เหมาะสม	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
6.4 กำหนดเกณฑ์การวัดและ ประเมินผลที่เข้าใจง่าย	4	5	4	4	4	4.20	0.45	มาก
เฉลี่ย						4.50	0.51	มาก
7. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการ เรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
7.4 เหมาะสมกับเวลาและวัย ของผู้เรียน	4	4	4	4	4	4.00	0.00	มาก
เฉลี่ย						4.60	0.50	มากที่สุด

ตาราง 33 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
8. เวลา								
8.1 เวลาในการจัดการเรียนรู้ มีความเหมาะสม	5	4	3	3	4	3.80	0.84	มาก
8.2 เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม การเรียนรู้มีความเหมาะสม	5	4	3	3	4	3.80	0.84	มาก
เฉลี่ย						3.80	0.79	มาก
ภาพรวม						4.49	0.58	มาก

ตาราง 34 ผลการพิจารณาผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรม
การเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็ม
ศึกษา ของผู้เชี่ยวชาญในแผนการจัดกิจกรรมที่ 2

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการ เรียนรู้								
1.1 สอดคล้องกับหน่วยการ เรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.60	0.55	มากที่สุด

ตาราง 34 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.60	0.52	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการ เรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ และ ทักษะการเรียนรู้ และ นวัตกรรม	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.80	0.41	มากที่สุด
4. สาระสำคัญ								
4.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการ เรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.60	0.52	มากที่สุด

ตาราง 34 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการ เรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.4 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้มีความชัดเจน น่าสนใจ	4	4	4	5	5	4.40	0.55	มาก
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้ ดำเนินครบตามแนวทางของ สะเต็มศึกษา	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
5.7 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด พฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการริเริ่ม ความคิดหรือพัฒนาผลงาน ที่แตกต่างจากเดิม มีความ ใหม่อย่างชัดเจน นำไปสู่การ เปลี่ยนแปลงในทางที่ดี	4	5	3	5	5	4.40	0.89	มาก

ตาราง 34 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
5.8 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด พฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการใช้ เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการทั้งหมด และหาแนวทางแก้ปัญหาที่ เหมาะสมกับสถานการณ์	4	5	3	5	5	4.40	0.89	มาก
5.9 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด ความสามารถในการสื่อสาร ความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้ อย่างมีประสิทธิภาพและ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้สำเร็จตามเป้าหมาย	4	5	4	4	5	4.40	0.55	มาก
5.10 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการ ทำกิจกรรม	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.66	0.52	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตาราง 34 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
6.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	5	4	4	4	5	4.40	0.55	มาก
6.4 กำหนดเกณฑ์การวัดและประเมินผลที่เข้าใจง่าย	4	5	4	4	5	4.40	0.55	มาก
เฉลี่ย						4.60	0.50	มากที่สุด
7. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
7.4 เหมาะสมกับเวลาและวัยของผู้เรียน	5	4	3	4	5	4.20	0.84	มาก
เฉลี่ย						4.65	0.59	มากที่สุด
8. เวลา								
8.1 เวลาในการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสม	5	4	3	4	5	4.20	0.84	มาก
8.2 เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรมการเรียนรู้มีความเหมาะสม	5	4	4	4	5	4.40	0.55	มาก
เฉลี่ย						4.30	0.67	มาก
ภาพรวม						4.63	0.53	มากที่สุด

ตาราง 35 ผลการพิจารณาผลการพิจารณาความเหมาะสมของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของผู้เชี่ยวชาญในแผนการจัดกิจกรรมที่ 3

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
1. สาระ/มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 สอดคล้องกับหน่วยการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.60	0.55	มากที่สุด
2. ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้								
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
2.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.60	0.52	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
3.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
3.3 จุดประสงค์การเรียนรู้ครอบคลุมทั้งด้านความรู้ และทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรม	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.67	0.49	มากที่สุด

ตาราง 35 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
4. สาระสำคัญ								
4.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการ เรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
4.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.60	0.52	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนรู้								
5.1 สอดคล้องกับมาตรฐาน การเรียนรู้/ตัวชี้วัด/ผลการ เรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.3 สอดคล้องกับสาระสำคัญ	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.4 สอดคล้องกับสาระการ เรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.5 ขั้นตอนการจัดกิจกรรม การเรียนรู้มีความชัดเจน น่าสนใจ	4	4	4	5	4	4.20	0.45	มาก
5.6 กิจกรรมการเรียนรู้ ดำเนินครบตามแนวทางของ สะเต็มศึกษา	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด

ตาราง 35 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
5.7 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด พฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการริเริ่ม ความคิดหรือพัฒนาผลงานที่ แตกต่างจากเดิม มีความใหม่ อย่างชัดเจน นำไปสู่การ เปลี่ยนแปลงในทางที่ดี	5	5	4	5	4	4.60	0.55	มากที่สุด
5.8 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด พฤติกรรมที่แสดงถึง ความสามารถในการใช้ เหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ รวมทั้งการวิเคราะห์ส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการทั้งหมด และหาแนวทางแก้ปัญหาที่ เหมาะสมกับสถานการณ์	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
5.9 กิจกรรมการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนเกิด ความสามารถในการสื่อสาร ความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้ อย่างมีประสิทธิภาพและ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่น ได้สำเร็จตามเป้าหมาย	5	5	3	4	5	4.40	0.89	มาก

ตาราง 35 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3	4	5			
	5.10 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม	5	5	4	4				5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.56	0.54	มากที่สุด
6. การวัดและประเมินผล								
6.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6.2 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.45	มากที่สุด
6.3 ใช้เครื่องมือวัดและประเมินผลได้เหมาะสม	5	4	4	5	5	4.60	0.55	มากที่สุด
6.4 กำหนดเกณฑ์การวัดและประเมินผลที่เข้าใจง่าย	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
เฉลี่ย						4.65	0.49	มากที่สุด
7. สื่อและแหล่งเรียนรู้								
7.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
7.2 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
7.3 สอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	4	5	4.60	0.55	มากที่สุด
7.4 เหมาะสมกับเวลาและวัยของผู้เรียน	5	4	3	4	5	4.20	0.84	มาก
เฉลี่ย						4.50	0.61	มาก

ตาราง 35 (ต่อ)

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของ					\bar{X} (N = 5)	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
8. เวลา								
8.1 เวลาในการจัดการเรียนรู้ มีความเหมาะสม	5	4	3	4	5	4.20	0.84	มาก
8.2 เวลาที่ใช้ในแต่ละกิจกรรม การเรียนรู้มีความเหมาะสม	5	4	3	4	5	4.20	0.84	มาก
เฉลี่ย						4.20	0.79	มาก
ภาพรวม						4.56	0.55	มากที่สุด

ตาราง 36 ผลการประเมินประสิทธิภาพของการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบกลุ่มเล็ก

คนที่	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนรวม	คะแนนหลังเรียน
	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3		
1	179	201	227	607	249
2	158	176	231	565	246
3	246	224	252	722	228
4	207	217	220	644	230
5	181	185	231	597	230
6	260	270	296	826	239
7	246	229	262	737	219
8	250	244	276	770	208
9	209	225	229	663	183
รวม	1,936	1,971	2,224	6,131	2,032
คะแนนเฉลี่ย	215.11	219.00	247.11	681.22	225.78
คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	71.70	73.00	82.37	75.69	75.26
ประสิทธิภาพของการเรียนรู้ (E_1 / E_2) เท่ากับ 75.69/75.26					

ตาราง 37 ผลการประเมินประสิทธิภาพของกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แบบภาคสนาม

คนที่	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนนรวม	คะแนนหลังเรียน
	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3		
1	179	201	227	607	249
2	229	238	252	719	246
3	193	181	231	605	244
4	217	214	244	675	244
5	214	208	249	671	249
6	158	176	231	565	241
7	175	176	215	566	237
8	261	264	267	792	236
9	246	224	252	722	228
10	278	272	285	835	233
11	207	217	220	644	230
12	181	216	228	625	225
13	181	185	231	597	230
14	260	270	279	809	239
15	181	201	224	606	223
16	246	229	262	737	219
17	172	193	235	600	219
18	214	213	253	680	231
19	242	213	256	711	223
20	238	243	269	750	221
21	246	244	252	742	213
22	250	244	276	770	208
23	246	240	266	752	201
24	199	188	220	607	198

ตาราง 37 (ต่อ)

คนที่	คะแนนระหว่างเรียน			คะแนน รวม	คะแนน หลังเรียน
	กิจกรรมที่ 1	กิจกรรมที่ 2	กิจกรรมที่ 3		
25	209	225	229	663	183
รวม	5,422	5,475	6,153	17,050	5,670
คะแนน เฉลี่ย	216.88	219.00	246.12	682.00	226.80
คะแนน เฉลี่ยร้อยละ	72.29	73.00	82.04	75.78	75.60
ประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้ (E_1 / E_2) เท่ากับ 75.78/75.60					

2. แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

2.1 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้กับข้อคำถามในแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

ตาราง 38 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้กับข้อคำถามในแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม

ข้อ คำถาม	ผลการพิจารณาความสอดคล้อง ของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	1	2	3	4	5			
	1. แบบวัดทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม							
ข้อ 1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 3	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
2. แบบวัดทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา								
ข้อ 1	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 2	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 3	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 4	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 5	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 6	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 7	0	1	0	1	1	0.60	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 8	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 9	1	0	0	1	1	0.60	สอดคล้อง	แก้ไขเป็น ... ข้อใด เป็นการแก้ไขปัญหา ที่มีประสิทธิภาพ น้อยที่สุด
ข้อ 10	1	0	0	1	1	0.60	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 11	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 38 (ต่อ)

ข้อ คำถาม	ผลการพิจารณาความสอดคล้อง ของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	1	2	3	4	5			
ข้อ 12	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 13	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 14	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 15	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 16	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 17	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 18	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 19	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 20	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 21	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 22	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 23	0	1	0	1	1	0.60	สอดคล้อง	แก้ไขตัวเลือกว่าที่ 1 เป็น สอดคล้องกับการใช้ งานของผู้บริโภค
ข้อ 24	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 25	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 26	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 27	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 28	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 29	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 30	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	แก้ไขโจทย์ เป็น ... หากยังต้องการผลิต เสื้อแจ็กเก็ตและ ต้องการให้มีการใช้ กันอย่างแพร่หลาย...

ตาราง 38 (ต่อ)

ข้อ คำถาม	ผลการพิจารณาความสอดคล้อง ของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	1	2	3	4	5			
	3. แบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ							
ฉบับที่ 1 วัดทักษะการสื่อสาร								
ข้อ 1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 3	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 4	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 5	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 6	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 7	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	แก้ไขคำว่า ทำสื่อใด เป็นด้วยสื่อใด
ข้อ 8	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 9	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 10	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	แก้ไขการพูดดีเพื่อน เป็นพูดกับเพื่อน
ฉบับที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น								
ข้อ 1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 3	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 4	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 5	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 6	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 7	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ข้อ 8	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

2.2 คุณภาพของแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม แบ่งออกเป็นคุณภาพรายข้อ และทั้งฉบับ

2.1 แบบวัดการสร้างสรรคและนวัตกรรม

ตาราง 39 ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบวัดการสร้างสรรคและนวัตกรรม

ข้อ คำถาม	อำนาจจำแนก (Discrimination Index)		ความยาก (Difficulty Index)		สรุปผล
	D	แปลผล	D	แปลผล	
ข้อ 1	0.31	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.46	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 2	0.36	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.39	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 3	0.32	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.41	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ค่าสูงสุด เท่ากับ	0.36		0.46		
ค่าต่ำสุด เท่ากับ	0.31		0.39		
ความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ (Cronbach's Alpha) เท่ากับ 0.94					

2.2 แบบวัดการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

ตาราง 40 ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา

ข้อ คำถาม	อำนาจจำแนก (Discrimination Index)				ความยาก (Difficulty Index)		สรุปผล
	U	L	D	แปลผล	P	แปลผล	
สถานการณ์ที่ 1							
ข้อ 1	9	4	0.44	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 2	12	7	0.46	จำแนกได้ดีมาก	0.76	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 3	11	5	0.53	จำแนกได้ดีมาก	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 4	9	2	0.60	จำแนกได้ดีมาก	0.44	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 5	7	2	0.43	จำแนกได้ดีมาก	0.36	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 6	8	3	0.44	จำแนกได้ดีมาก	0.44	ยากปานกลาง	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 2							
ข้อ 7	7	2	0.43	จำแนกได้ดีมาก	0.36	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 8	10	4	0.53	จำแนกได้ดีมาก	0.56	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 9	6	2	0.35	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.32	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 10	11	5	0.53	จำแนกได้ดีมาก	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 11	8	2	0.51	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 12	9	2	0.60	จำแนกได้ดีมาก	0.44	ยากปานกลาง	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 3							
ข้อ 13	10	6	0.37	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 14	10	5	0.45	จำแนกได้ดีมาก	0.60	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 15	10	4	0.53	จำแนกได้ดีมาก	0.56	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 16	8	3	0.44	จำแนกได้ดีมาก	0.44	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 17	7	2	0.43	จำแนกได้ดีมาก	0.36	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 18	10	3	0.60	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ใช้ได้

ตาราง 40 (ต่อ)

ข้อ คำถาม	อำนาจจำแนก (Discrimination Index)			แปลผล	ความยาก (Difficulty Index)		สรุปผล
	U	L	D		P	แปลผล	
สถานการณ์ที่ 4							
ข้อ 19	6	2	0.35	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.32	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 20	11	4	0.61	จำแนกได้ดีมาก	0.60	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 21	9	2	0.60	จำแนกได้ดีมาก	0.44	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 22	7	3	0.35	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 23	9	4	0.44	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 24	8	4	0.36	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.48	ยากปานกลาง	ใช้ได้
สถานการณ์ที่ 5							
ข้อ 25	7	3	0.35	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 26	12	8	0.38	จำแนกได้ค่อนข้างดี	0.80	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 27	11	4	0.61	จำแนกได้ดีมาก	0.60	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 28	11	6	0.46	จำแนกได้ดีมาก	0.68	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 29	7	1	0.51	จำแนกได้ดีมาก	0.32	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 30	9	3	0.52	จำแนกได้ดีมาก	0.48	ยากปานกลาง	ใช้ได้
N_U เท่ากับ			12	คน			
N_L เท่ากับ			13	คน			
ค่าสูงสุด เท่ากับ			0.61		0.80		
ค่าต่ำสุด เท่ากับ			0.35		0.32		
ความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ (KR-20) เท่ากับ					0.92		

2.3 แบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ

2.3.1 ตอนที่ 1 วัดทักษะการสื่อสาร

ตาราง 41 ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบวัดทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ ตอนที่ 1 วัดทักษะการสื่อสาร

ข้อ	อำนาจจำแนก (Discrimination Index)				ความยาก (Difficulty Index)		สรุปผล
	คำถาม	U	L	D	แปลผล	P		แปลผล
ข้อ 1	9	1	0.67	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 2	9	1	0.67	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 3	7	2	0.43	จำแนกได้ดีมาก	0.36	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 4	11	4	0.61	จำแนกได้ดีมาก	0.60	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 5	8	1	0.59	จำแนกได้ดีมาก	0.36	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 6	11	5	0.53	จำแนกได้ดีมาก	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 7	12	4	0.69	จำแนกได้ดีมาก	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
ข้อ 8	10	2	0.68	จำแนกได้ดีมาก	0.48	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 9	10	5	0.45	จำแนกได้ดีมาก	0.60	ยากปานกลาง	ใช้ได้
ข้อ 10	10	3	0.60	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ใช้ได้
N_U เท่ากับ			12	คน			
N_L เท่ากับ			13	คน			
ค่าสูงสุด เท่ากับ			0.69				
ค่าต่ำสุด เท่ากับ			0.43				
ความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ (KR-20) เท่ากับ 0.85							

2.3.2 ตอนที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ตาราง 42 ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อและทั้งฉบับของแบบวัดทักษะการสื่อสารและ
การร่วมมือ ตอนที่ 2 วัดทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น

ข้อคำถาม	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	Corrected Item-Total Correlation	สรุปผล
สถานการณ์ 1	ข้อ 11	3.63	0.91	ใช้ได้
	ข้อ 12	3.92	0.91	ใช้ได้
	ข้อ 13	3.84	0.75	ใช้ได้
	ข้อ 14	3.76	0.78	ใช้ได้
สถานการณ์ 2	ข้อ 15	4.28	0.74	ใช้ได้
	ข้อ 16	3.88	0.73	ใช้ได้
	ข้อ 17	4.16	0.90	ใช้ได้
	ข้อ 18	3.64	0.91	ใช้ได้
Maximum of Corrected Item-Total Correlation			0.85	
Minimum of Corrected Item-Total Correlation			0.28	
ความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ (Cronbach's Alpha) เท่ากับ				0.88

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ตาราง 43 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี จากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อ	ผลการพิจารณา					IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
		ของผู้เชี่ยวชาญ							
	คำถาม	1	2	3	4	5			
1. อธิบายผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น อุณหภูมิ และตัวเร่งปฏิกิริยาที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ข้อ 1	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 2	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 3	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 4	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 5	1	1	1	0	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 6	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 7	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 8	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 9	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 10	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 11	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 12	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 13	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 14	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 15	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 16	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 17	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 18	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 19	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 20	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 43 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	ข้อ	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	สรุปผล	ผลการ ปรับแก้
		คำถาม	1	2	3	4				5
2. เปรียบเทียบอัตราการผลิต	ข้อ 21	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
เกิดปฏิกิริยาเมื่อมีการ	ข้อ 22	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
เปลี่ยนแปลงความเข้มข้น	ข้อ 23	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
พื้นที่ผิวของสารตั้งต้น	ข้อ 24	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
อุณหภูมิ และตัวเร่ง	ข้อ 25	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ปฏิกิริยา	ข้อ 26	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 27	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 28	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 29	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 30	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 31	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 32	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 33	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 34	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 35	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
3. ยกตัวอย่างและอธิบาย	ข้อ 36	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการ	ข้อ 37	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
เกิดปฏิกิริยาเคมีใน	ข้อ 38	1	-1	1	1	1	0.60	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ชีวิตประจำวันหรือ	ข้อ 39	1	1	1	1	0	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
อุตสาหกรรม	ข้อ 40	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 41	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 42	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 43	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 44	1	-1	1	1	1	0.60	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
	ข้อ 45	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 44 ผลการตรวจสอบคุณภาพรายข้อของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ข้อคำถาม	อำนาจจำแนก (Discrimination Index)		ความยาก (Difficulty Index)		สรุปผล
	D	แปลผล	P	แปลผล	
01	0.14	จำแนกได้น้อย	0.16	ยากเกินไป	ตัดทิ้ง
02	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
03	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.60	ยากปานกลาง	ใช้ได้
04	0.57	จำแนกได้ดีมาก	0.48	ยากปานกลาง	ใช้ได้
05	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ใช้ได้
06	-0.14	ไม่มีอำนาจจำแนก	0.16	ยากเกินไป	ตัดทิ้ง
07	0.14	จำแนกได้น้อย	0.08	ยากเกินไป	ตัดทิ้ง
08	0.57	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ตัดทิ้ง
09	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.36	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
10	0.43	จำแนกได้ดีมาก	0.48	ยากปานกลาง	ตัดทิ้ง
11	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ใช้ได้
12	-0.14	ไม่มีอำนาจจำแนก	0.36	ค่อนข้างยาก	ตัดทิ้ง
13	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.56	ยากปานกลาง	ใช้ได้
14	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
15	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.48	ยากปานกลาง	ใช้ได้
16	-0.14	ไม่มีอำนาจจำแนก	0.16	ยากเกินไป	ตัดทิ้ง
17	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
18	0.14	จำแนกได้น้อย	0.12	ยากเกินไป	ตัดทิ้ง
19	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.60	ยากปานกลาง	ใช้ได้
20	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.48	ยากปานกลาง	ใช้ได้
21	0.14	จำแนกได้น้อย	0.16	ยากเกินไป	ตัดทิ้ง
22	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.44	ยากปานกลาง	ใช้ได้
23	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ใช้ได้
24	0.29	จำแนกได้บ้าง	0.60	ยากปานกลาง	ตัดทิ้ง

ตาราง 44 (ต่อ)

ข้อคำถาม	อำนาจจำแนก (Discrimination Index)		ความยาก (Difficulty Index)		สรุปผล
	D	แปลผล	P	แปลผล	
25	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
26	0.57	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
27	-0.29	ไม่มีอำนาจจำแนก	0.36	ค่อนข้างยาก	ตัดทิ้ง
28	0.29	จำแนกได้บ้าง	0.16	ยากเกินไป	ตัดทิ้ง
29	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.36	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
30	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
31	0.57	จำแนกได้ดีมาก	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
32	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.68	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
33	1.00	จำแนกได้ดีมาก	0.60	ยากปานกลาง	ใช้ได้
34	0.57	จำแนกได้ดีมาก	0.52	ยากปานกลาง	ใช้ได้
35	0.14	จำแนกได้น้อย	0.16	ยากเกินไป	ตัดทิ้ง
36	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.44	ยากปานกลาง	ใช้ได้
37	0.57	จำแนกได้ดีมาก	0.48	ยากปานกลาง	ใช้ได้
38	0.43	จำแนกได้ดีมาก	0.56	ยากปานกลาง	ตัดทิ้ง
39	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.64	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
40	0.29	จำแนกได้บ้าง	0.32	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
41	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
42	0.57	จำแนกได้ดีมาก	0.72	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
43	0.86	จำแนกได้ดีมาก	0.40	ค่อนข้างยาก	ใช้ได้
44	0.71	จำแนกได้ดีมาก	0.48	ยากปานกลาง	ใช้ได้
45	0.14	จำแนกได้น้อย	0.80	ค่อนข้างยาก	ตัดทิ้ง

4. แบบประเมินภาคปฏิบัติ

4.1 เกณฑ์การให้คะแนน

ตาราง 45 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของเกณฑ์การให้คะแนนจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมบ่งชี้กับเกณฑ์การให้คะแนน

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
ทักษะที่ 1 การสร้างสรรค์และนวัตกรรม				
1.1 มีความคล่องในการคิด หมายถึง สามารถอธิบายคำตอบได้ภายในเวลาที่กำหนดและมีความเชื่อมโยงกันดี	ระดับ 3 นักเรียนสามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องครบถ้วน และสามารถระบุปัญหาที่แท้จริงที่ต้องแก้ไขในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้อย่างถูกต้องภายในเวลาที่กำหนด	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการปรับแก้
ระดับ 2 นักเรียนสามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน และสามารถระบุปัญหาที่แท้จริงที่ต้องแก้ไขในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ถูกต้องได้ภายในเวลาที่กำหนด	ระดับ 1 นักเรียนสามารถระบุปัญหา สาเหตุของปัญหาได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน และไม่สามารถระบุปัญหาที่แท้จริงที่ต้องแก้ไขในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ถูกต้องได้ภายในเวลาที่กำหนด			

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการ ปรับแก้
	ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถระบุ ปัญหา สาเหตุของปัญหาและระบุ ปัญหาที่แท้จริงที่ต้องแก้ไขในบริบท หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ภายในเวลาที่กำหนด			
1.2 มีความคิด ยืดหยุ่น หมายถึง สามารถ หาคำตอบได้อย่าง หลากหลาย และ ดัดแปลงความรู้ หรือประสบการณ์ ให้เกิดประโยชน์ หลาย ๆ ด้าน	ระดับ 3 นักเรียนสามารถคิดรูปแบบ/ วิธีการแก้ปัญหาในบริบทหรือ สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากกว่า 1 วิธี ประสบความสำเร็จในการ แก้ปัญหาตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และเกิดความคุ้มค่า ระดับ 2 นักเรียนสามารถคิดรูปแบบ/ วิธีการแก้ปัญหาในบริบทหรือ สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากกว่า 1 วิธี ประสบความสำเร็จในการ แก้ปัญหาตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ แต่ไม่เกิดความคุ้มค่า ระดับ 1 นักเรียนสามารถคิดรูปแบบ/ วิธีการแก้ปัญหาในบริบทหรือ สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มากกว่า 1 วิธี ไม่ประสบความสำเร็จในการ แก้ปัญหาตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และไม่เกิดความคุ้มค่า ระดับ 0 นักเรียนสามารถคิด รูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหาในบริบท หรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการ แก้ไข

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการ ปรับแก้
	เพียงวิธีการเดียวในการแก้ปัญหา ตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และผลการ แก้ปัญหานั้นไม่ประสบความสำเร็จ			
1.3 มีการริเริ่ม ความคิดใหม่ หมายถึง สามารถ วางแผนและ อธิบายการคิดใน ลักษณะที่แปลก ใหม่ ที่แตกต่างจาก ความคิดของผู้อื่น หรือนำความรู้เดิม มาดัดแปลง และ ประยุกต์ต่อการ อธิบายใน สถานการณ์ใหม่ได้	ระดับ 3 นักเรียนสามารถวางแผน และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทหรือ สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ดีมากมี ความแตกต่างจากกิจกรรมการ ทดลองที่เคยปฏิบัติ และแตกต่าง จากความคิดของผู้อื่นมากกว่าร้อยละ 90 ระดับ 2 นักเรียนสามารถวางแผน และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทหรือ สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มีความ แตกต่างจากกิจกรรมการทดลองที่ เคยปฏิบัติ และแตกต่างจาก ความคิดของผู้อื่นมากกว่าร้อยละ 60 ระดับ 1 นักเรียนสามารถวางแผน และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้ สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทหรือ สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้มีความ แตกต่างจากกิจกรรมการทดลองที่ เคยปฏิบัติ แต่ไม่แตกต่างจาก ความคิดของผู้อื่น	1.00	ใช้ได้	กำหนดร้อยละ ละความ แตกต่างจาก ความคิดของ ผู้อื่น

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถวางแผน และออกแบบวิธีการแก้ปัญหาได้สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้			
1.4 มีการสร้างผลงานแปลกใหม่ หมายถึง สามารถสร้างผลงานใหม่ ๆ ได้ หรือดัดแปลงประยุกต์ผลงานเดิมให้เป็นผลงานใหม่ได้	<p>ระดับ 3 นักเรียนสามารถนำเสนอผลการสร้างรูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหาที่เป็นของตนเองได้เหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์ปัญหา โดยมีความแปลกใหม่ต่างจากวิธีการเดิมในกิจกรรมการทดลอง และแตกต่างจากความคิดของผู้อื่น</p> <p>ระดับ 2 นักเรียนสามารถนำเสนอผลการสร้างรูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหาที่เป็นของตนเองได้เหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์ปัญหา โดยมีความแปลกใหม่ต่างจากวิธีการเดิมในกิจกรรมการทดลอง แต่ไม่แตกต่างจากความคิดของผู้อื่น</p> <p>ระดับ 1 นักเรียนสามารถนำเสนอผลการสร้างรูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหาที่เป็นของตนเองได้เหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์ปัญหา โดยมีวิธีการ</p>	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	เหมือนกับกิจกรรมการทดลอง และ ไม่แตกต่างจากความคิดของผู้อื่น ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถ นำเสนอผลการสร้างรูปแบบการ แก้ปัญหาที่เป็นของตนเองได้ เหมาะสมกับบริบทหรือ สถานการณ์ปัญหา			
ทักษะที่ 2 การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา				
ข้อ 2.1 ระบุ ประเด็นปัญหา และทำความเข้าใจ เข้าใจปัญหา หมายถึง สามารถ ระบุปัญหาและทำ ความเข้าใจใน ปัญหาจาก สถานการณ์ที่ เกิดขึ้นได้	ระดับ 3 นักเรียนสามารถระบุ ปัญหาและสาเหตุของปัญหาใน บริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้ถูกต้อง ครบคลุม รวมถึง สามารถตัดสินใจปัญหาได้ว่าปัญหา ใดเป็นปัญหาที่แท้จริงหรือเป็น ปัญหาที่ต้องแก้ไขได้ถูกต้อง ระดับ 2 นักเรียนสามารถระบุ ปัญหาและสาเหตุของปัญหาใน บริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้ถูกต้อง ครบคลุมแต่ไม่สามารถ ตัดสินใจปัญหาได้ว่าปัญหาใดเป็น ปัญหาที่แท้จริงหรือเป็นปัญหาที่ ต้องแก้ไขได้ ระดับ 1 นักเรียนสามารถระบุ ปัญหาและสาเหตุของปัญหาใน บริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครอบคลุมประเด็น	1.00	ใช้ได้	เพิ่ม ความสามารถ ในการตัดสินใจ ปัญหา

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	<p>ปัญหาจากสถานการณ์ที่ศึกษาได้ว่าปัญหาใดเป็นปัญหาที่แท้จริงหรือเป็นปัญหาที่ต้องแก้ไขได้</p> <p>ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถระบุปัญหาและสาเหตุของปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง รวมถึงไม่สามารถตัดสินใจปัญหาจากสถานการณ์ที่ศึกษาได้ว่าปัญหาใดเป็นปัญหาที่แท้จริงหรือเป็นปัญหาที่ต้องแก้ไขได้</p>			
<p>ข้อ 2.2 เลือกและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบของปัญหา</p> <p>หมายถึง สามารถระบุแหล่งข้อมูลเก็บรวบรวมข้อมูลที่เป็นปัญหาจัดระบบข้อมูลโดยวิธีการต่าง ๆ</p> <p>วินิจฉัยความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา</p>	<p>ระดับ 3 นักเรียนสามารถประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีการที่ดีที่สุดสอดคล้องเหมาะสมกับปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ รวมถึงการระบุวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบการจัดระบบข้อมูล และสามารถวินิจฉัยความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ได้</p>	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการ ปรับแก้
ค้นคว้าจาก สถานการณืได้	<p>ระดับ 2 นักเรียนสามารถประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีการที่ดีที่สุด สอดคล้องเหมาะสมกับปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ รวมถึงการระบุวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ การจัดระบบข้อมูล แต่ไม่สามารถวินิจฉัยความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณืได้</p> <p>ระดับ 1 นักเรียนสามารถประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีการที่ดีที่สุด สอดคล้องเหมาะสมกับปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ แต่ไม่สามารถระบุวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ และจัดระบบข้อมูลและวินิจฉัยความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณืได้</p> <p>ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถประเมินวิธีการแก้ปัญหาจนได้วิธีการที่ดีที่สุด ได้ รวมถึงไม่สามารถระบุวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการหาคำตอบ การจัดระบบข้อมูลและ</p>			

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	วินิจฉัยความน่าเชื่อถือของข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าสำหรับใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ได้			
ข้อ 2.3 กำหนดสมมติฐานที่จะนำไปสู่การค้นหาวิธีการแก้ปัญหา หมายถึง สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงสาเหตุหลาย ๆ ทาง ในการแก้ปัญหา และกำหนดหรือคาดเดาวิธีการที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาได้	ระดับ 3 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษาแล้วสร้างแนวทางแก้ปัญหาได้สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ระดับ 2 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษาแล้วสร้างแนวทางแก้ปัญหาได้แต่ไม่สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ระดับ 1 นักเรียนสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษาได้ แต่ไม่สามารถสร้างแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ศึกษาได้ และไม่สามารถสร้างแนวทางแก้ปัญหาที่สอดคล้องเหมาะสมกับบริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้	0.80	ใช้ได้	ไม่มีการปรับแก้

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการ ปรับแก้
ข้อ 2.4 จัดระบบ ข้อมูลเพื่อสรุปผล การแก้ปัญหา หมายถึง สามารถ ออกแบบการศึกษา ค้นคว้าตามแผนที่ วางไว้ เก็บรวบรวม ข้อมูลสอดคล้องกับ การออกแบบได้ อย่างต่อเนื่อง ครบถ้วน และจัด กระทำกับข้อมูลที่ รวบรวมมาได้	ระดับ 3 นักเรียนมีรูปแบบ/วิธีการ แก้ปัญหาที่มีแนวทางเก็บรวบรวม ข้อมูลสอดคล้องกับการแก้ปัญหา ในบริบทหรือสถานการณ์ที่ กำหนดให้อย่างต่อเนื่อง ชัดเจน ครบถ้วน รวมทั้งสามารถจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูลได้ ระดับ 2 นักเรียนมีรูปแบบ/วิธีการ แก้ปัญหาที่มีแนวทางเก็บรวบรวม ข้อมูลสอดคล้องกับการแก้ปัญหา ในบริบทหรือสถานการณ์ที่ กำหนดให้อย่างต่อเนื่อง ชัดเจน ครบถ้วน แต่ไม่สามารถจัดกระทำ และสื่อความหมายข้อมูลได้ ระดับ 1 มีรูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหา ที่มีแนวทางเก็บรวบรวมข้อมูล สอดคล้องกับการแก้ปัญหาใน บริบทหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ อย่างต่อเนื่อง แต่ไม่ครบถ้วนและ ไม่สามารถจัดกระทำและสื่อ ความหมายข้อมูลได้ ระดับ 0 นักเรียนไม่มีรูปแบบ/ วิธีการแก้ปัญหาที่มีแนวทางเก็บ รวบรวมข้อมูลสอดคล้องกับการ แก้ปัญหาในบริบทหรือสถานการณ์ ที่กำหนดให้ได้ รวมทั้งไม่สามารถ	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการ แก้ไข

ตาราง 45 ต่อ

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	จัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลได้			
2.5 ตัดสินใจลงข้อสรุปการแก้ปัญหาอย่างสมเหตุสมผล หมายถึง สามารถพิจารณาเหตุผลให้เพียงพอในการสรุปปัญหาได้อย่างถูกต้อง	<p>ระดับ 3 นักเรียนสามารถนำผลการแก้ปัญหาทั้งหมดมาพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดได้ สามารถลงความเห็น อธิบายข้อสรุป และรวมถึงการสรุปใจความตามตรรกะได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์</p> <p>ระดับ 2 นักเรียนสามารถนำผลการแก้ปัญหาทั้งหมดมาพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดได้ สามารถลงความเห็น อธิบายข้อสรุป และรวมถึงการสรุปใจความตามตรรกะได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน</p> <p>ระดับ 1 นักเรียนสามารถนำผลการแก้ปัญหาทั้งหมดมาพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดได้ สามารถลงความเห็นและอธิบายข้อสรุปนั้นได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน และไม่สามารถสรุปใจความตามตรรกะได้</p> <p>ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถนำผลการแก้ปัญหาทั้งหมดมาพิจารณาเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด</p>	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการปรับแก้

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการ ปรับแก้
	ได้ อีกทั้งไม่สามารถลงความเห็น และอธิบายข้อสรุปนั้นได้ถูกต้อง ครบถ้วน และสรุปใจความตาม ตรรกะได้			
2.6 สร้าง ทางเลือกในการ แก้ปัญหาได้อย่าง หลากหลาย หมายถึง พิจารณา ผลการตัดสินใจเพื่อ เปลี่ยนแปลง ข้อสรุปใหม่ในการ แก้ปัญหาหากมี เหตุผลหรือข้อมูล เพิ่มเติมและนำ ข้อสรุปไป ประยุกต์ใช้ในการ แก้ปัญหาหลาย ๆ สถานการณ์ได้	ระดับ 3 นักเรียนสามารถนำข้อมูล ที่ศึกษาและเก็บรวบรวมไว้มาสร้าง ทางเลือกในการแก้ปัญหาตาม สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ตั้งแต่ 3 วิธีขึ้นไป ระดับ 2 นักเรียนสามารถนำข้อมูล ที่ศึกษาและเก็บรวบรวมไว้มาสร้าง ทางเลือกในการแก้ปัญหาตาม สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ 2 วิธี ระดับ 1 นักเรียนสามารถนำข้อมูล ที่ศึกษาและเก็บรวบรวมไว้มาสร้าง ทางเลือกในการแก้ปัญหาตาม สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้เพียง 1 วิธี ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถนำ ข้อมูลที่ศึกษาและเก็บรวบรวมไว้มา สร้างทางเลือกในการแก้ปัญหาตาม สถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการ ปรับแก้

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการ ปรับแก้
ทักษะที่ 3 การสื่อสารและการร่วมมือ				
3.1 ความสามารถ รับสารจากผู้อื่น ได้อย่างมี ประสิทธิภาพ หมายถึง บอกสิ่งที่ ผู้พูด ผู้เขียน ต้องการสื่อ ความหมาย และ ระบุใจความหรือ ประเด็นสำคัญจาก เรื่องที่อ่านหรือรับ ฟังได้	ระดับ 3 นักเรียนสามารถระบุ ใจความหรือประเด็นสำคัญจากเรื่อง ที่อ่านหรือรับฟังได้อย่างครบถ้วน สมบูรณ์ ระดับ 2 นักเรียนสามารถระบุ ใจความหรือประเด็นสำคัญจาก เรื่องที่อ่านหรือรับฟังได้ แต่ขาด รายละเอียด สำคัญ 1 - 2 ประเด็น ระดับ 1 นักเรียนสามารถระบุ ใจความหรือประเด็นสำคัญจาก เรื่องที่อ่านหรือรับฟังได้ แต่ขาด รายละเอียด สำคัญตั้งแต่ 3 ประเด็นขึ้นไป ระดับ 0 นักเรียนไม่สามารถระบุ ใจความหรือประเด็นสำคัญจาก เรื่องที่อ่านหรือรับฟังได้	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการ แก้ไข
3.5 ยอมรับฟัง ความคิดเห็นที่ แตกต่างของ เพื่อนร่วมงาน อย่างใจกว้าง หมายถึง การรับฟัง ความคิดเห็นของ ผู้อื่น เพื่อ ประกอบการ	ระดับ 3 นักเรียนยอมรับความ คิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็น ประโยชน์ ของ กลุ่ม เพื่อ ใช้ ประกอบการตัดสินใจ แม้ว่าความคิด นั้นจะแตกต่างจากตนและสามารถ ปรับเปลี่ยนรูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหา ที่ถูกต้องเหมาะสมตามคำแนะนำ หรือความต้องการของกลุ่มได้	1.00	ใช้ได้	ไม่มีการ แก้ไข

ตาราง 45 (ต่อ)

ตัวบ่งชี้	เกณฑ์การให้คะแนน	IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
ตัดสินใจเสมอแม้ว่าความคิดนั้นจะแตกต่างจากตนและสามารถปรับเปลี่ยนผลงานตามคำแนะนำหรือความต้องการของเพื่อนในกลุ่มได้	ระดับ 2 นักเรียนยอมรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ของเพื่อนในกลุ่มที่มีความคิดคล้ายกับตน แต่สามารถยอมรับการปรับเปลี่ยนรูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหาตามความต้องการของกลุ่มได้			
	ระดับ 1 นักเรียนยอมรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ของเพื่อนในกลุ่มที่มีความคิดคล้ายกับตน แต่ไม่สามารถยอมรับการปรับเปลี่ยนรูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหาตามความต้องการของกลุ่มได้			
	ระดับ 0 นักเรียนไม่ยอมรับความคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ของเพื่อนในการตัดสินใจปรับเปลี่ยนรูปแบบ/วิธีการแก้ปัญหา			

4.1.2 ความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนน

การตรวจสอบความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนนตรวจสอบได้จากดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater Agreement Index : RAI) ดังนี้

ตาราง 46 ผลการตรวจแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม บ่งชี้ที่ (k)	ผู้ประเมินที่ 1			ผู้ประเมินที่ 2			ผู้ประเมินที่ 3			คะแนนเฉลี่ย (\bar{R}_{nk})		
	นักเรียนคนที่ 1	นักเรียนคนที่ 2	นักเรียนคนที่ 3	นักเรียนคนที่ 1	นักเรียนคนที่ 2	นักเรียนคนที่ 3	นักเรียนคนที่ 1	นักเรียนคนที่ 2	นักเรียนคนที่ 3	นักเรียนคนที่ 1	นักเรียนคนที่ 2	นักเรียนคนที่ 3
1. ทักษะการสร้างสรรค์และนวัตกรรม												
1.1	2	2	3	3	2	2	3	2	3	2.67	2.00	2.67
1.2	3	2	2	3	2	2	2	2	3	2.67	2.00	2.33
1.3	3	3	2	3	2	2	3	2	3	3.00	2.33	2.33
1.4	3	3	3	2	3	3	2	3	3	2.33	3.00	3.00
2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา												
2.1	2	3	2	2	1	2	3	2	3	2.33	2.00	2.33
2.2	3	2	3	3	2	3	3	2	2	3.00	2.00	2.67
2.3	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2.00	2.00	2.67
2.4	3	3	2	3	2	2	3	2	2	3.00	2.33	2.00
2.5	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2.00	2.00	3.00
2.6	3	2	3	3	3	3	3	2	3	3.00	2.33	3.00
3. ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ												
3.1	2	3	2	3	2	3	2	2	2	2.33	2.33	2.33
3.5	1	2	2	1	2	3	2	2	3	1.33	2.00	2.67

ตาราง 47 ค่าสมบูรณ์ของคะแนนเบี่ยงเบน ของนักเรียนที่ n ในพฤติกรรมบ่งชี้ที่ k จากการตรวจแบบบันทึกกิจกรรมการเรียนรู้ที่ 1 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรม บ่งชี้ที่ (k)	$|R_{1nk} - \bar{R}_{nk}|$			$|R_{2nk} - \bar{R}_{nk}|$			$|R_{3nk} - \bar{R}_{nk}|$		
	นักเรียนคนที่ 1	นักเรียนคนที่ 2	นักเรียนคนที่ 3	นักเรียนคนที่ 1	นักเรียนคนที่ 2	นักเรียนคนที่ 3	นักเรียนคนที่ 1	นักเรียนคนที่ 2	นักเรียนคนที่ 3
1. ทักษะการสร้างสรรคและนวัตกรรม									
1.1	0.67	0.00	0.33	0.33	0.00	0.67	0.33	0.00	0.33
1.2	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33	0.67	0.00	0.67
1.3	0.00	0.67	0.33	0.00	0.33	0.33	0.00	0.33	0.67
1.4	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00
2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณ์ญาณและการแก้ปัญหา									
2.1	0.33	1.00	0.33	0.33	1.00	0.33	0.67	0.00	0.67
2.2	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.67
2.3	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.67
2.4	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00	0.00	0.33	0.00
2.5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.6	0.00	0.33	0.00	0.00	0.67	0.00	0.00	0.33	0.00
3. ทักษะการสื่อสารและการร่วมมือ									
3.1	0.33	0.67	0.33	0.67	0.33	0.67	0.33	0.33	0.33
3.5	0.33	0.00	0.67	0.33	0.00	0.33	0.67	0.00	0.33
$\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{m=1}^M |R_{mnk} - \bar{R}_{nk}| = 26.00$ $RAI = 0.82$									

4.2 แบบสังเกต

4.2.1 แบบสังเกตการสื่อสาร

ตาราง 48 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างประเด็นการสังเกตกับพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการสื่อสารความคิดและมุมมองของตนเองโดยใช้ภาษาพูด ภาษาเขียน และกิริยาท่าทางได้อย่างเหมาะสม โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

ประเด็นการสังเกต	ผลการพิจารณา					IOC	สรุปผล	ผล การปรับแก้
	ของผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
1. นักเรียนเขียนถ่ายทอดความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมในแบบบันทึกกิจกรรมด้วยภาษาของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบสอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
2. นักเรียนเขียนถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะของตนเองจากการทำกิจกรรมในแบบบันทึกกิจกรรมด้วยภาษาของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบสอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
3. นักเรียนมีการพูดถ่ายทอดความรู้ที่ได้รับจากการทำกิจกรรมให้เพื่อน ๆ ทราบด้วยภาษาของตนเองพร้อมยกตัวอย่างประกอบสอดคล้องกับเรื่องที่ถ่ายทอด	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
4. นักเรียนมีการพูดถ่ายทอดความคิด ความรู้สึก และทัศนะของตนเองจากการทำกิจกรรมขณะทำกิจกรรม ด้วยภาษาของตนเอง	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 48 (ต่อ)

ประเด็นการสังเกต	ผลการพิจารณา					IOC	สรุปผล	ผล การปรับแก้
	ของผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
พร้อมยกตัวอย่างประกอบ								
สอดคล้องกับเรื่องที่เกี่ยวข้อง								
5. นักเรียนสามารถสื่อสารกับเพื่อน โดยใช้ถ้อยคำที่สุภาพ มั่นใจ และ ดูไม่ก้าวร้าว	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
5. ขณะที่นักเรียนพูดสื่อสารกับ เพื่อนมีการสบตา	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
6. นักเรียนมีการแสดงกิริยาท่าทาง เพื่อสื่อความหมายโดยไม่ต้องใช้ คำพูด หรือใช้เสริมคำพูดให้มี น้ำหนักมากขึ้น	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
7. นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด ความรู้สึก และทัศนะของ ตนเองกับผู้รับฟังการนำเสนอ	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

4.2.2 แบบสังเกตการร่วมมือในการทำงาน

ตาราง 49 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างประเด็นการสังเกตกับพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามเป้าหมาย โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

ประเด็นการสังเกต	ผลการพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	สรุปผล	ผลการปรับแก้
	ผู้ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
1. นักเรียนให้ความร่วมมือกับสมาชิกในกลุ่มในการทำกิจกรรม	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
2. นักเรียนมีน้ำใจ เอื้อเฟื้อเผื่อแผ่ช่วยเหลือเพื่อนในกลุ่ม	1	1	0	0	1	0.60	สอดคล้อง	เพิ่ม "เช่น การช่วยหยิบ/ จับอุปกรณ์ระหว่างทำกิจกรรม"
3. นักเรียนมีส่วนร่วมกับสมาชิกในกลุ่มทำกิจกรรมตลอดเวลา	1	1	1	0	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
4. นักเรียนทำงานตามขั้นตอนอย่างชัดเจน	1	1	0	1	1	0.80	สอดคล้อง	ตัดออก เพราะมีความซ้ำซ้อนกับข้อ 3
5. นักเรียนเต็มใจทำตามคำสั่งเมื่อผู้นำหรือสมาชิกขอร้อง	0	1	0	1	-1	0.20	ไม่สอดคล้อง	ตัดออก
6. นักเรียนอธิบายเหตุผลเมื่อเพื่อนไม่เข้าใจการกระทำของตน	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
7. นักเรียนแสดงออกถึงการสนับสนุนความคิดเห็นของเพื่อนที่มีเหตุผล	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 49 (ต่อ)

ประเด็นการสังเกต	ผลการพิจารณาของ					IOC	สรุปผล	ผล การปรับแก้
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
8. นักเรียนแสดงออกถึงการยอมรับความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่ม	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
9. นักเรียนทำงานที่ได้รับมอบหมายจนเสร็จสิ้นสมบูรณ์	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
10. นักเรียนตั้งใจทำงานตลอดเวลา และรับผิดชอบงานที่ตนเองได้รับมอบหมายอย่างเต็มความสามารถ	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
11. นักเรียนทำงาน/ปฏิบัติตามบทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับเสร็จทันเวลา	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

4.2.3 แบบสังเกตการนำเสนองาน

ตาราง 50 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างประเด็นการสังเกตกับพฤติกรรมที่บ่งชี้ถึงความสามารถเลือกใช้วิธีสื่อสารได้อย่างหลากหลายและเหมาะสมโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

ประเด็นการสังเกต	ผลการพิจารณาของ					IOC	สรุปผล	ผล การปรับแก้
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
1. มีการนำผลการสังเกต การวัด การทดลอง มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มี ความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้นจนง่าย	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 50 (ต่อ)

ประเด็นการสังเกต	ผลการพิจารณาของ					IOC	สรุปผล	ผล การปรับแก้
	ผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
ต่อการทำความเข้าใจหรือเห็น แบบรูปของข้อมูล								
2. มีการนำข้อมูลมาจัดทำใน รูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ กราฟ การเขียนบรรยาย เพื่อสื่อสารให้ผู้ฟังเข้าใจ ความหมายของข้อมูลมากขึ้น	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
3. มีสื่อประกอบการนำเสนอที่ หลากหลาย และน่าสนใจ เช่น ภาพ วีดีโอ เป็นต้น	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
4. นำเสนอผลงานที่เป็น ประโยชน์ต่อตนเองและเพื่อนใน ห้องโดยมีความหลากหลาย แปลกใหม่ น่าสนใจ ไม่ ลอกเลียนแบบ และไม่ทำให้ ผู้อื่นเดือดร้อน	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
5. หลังการนำเสนอมีการ แลกเปลี่ยนความคิด ความรู้ และความเข้าใจ ความรู้สึก และ ทัศนะของตนเองกับผู้รับฟังการ นำเสนอ	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

5. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

5.1 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะที่พึงพอใจต่อการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้

ตาราง 51 ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยพิจารณาจากดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับคุณลักษณะที่พึงพอใจต่อการเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้

ข้อคำถาม	ผลการพิจารณา ของผู้เชี่ยวชาญ					IOC	สรุปผล	ผลการ ปรับแก้
	1	2	3	4	5			
	ด้านปัจจัยนำเข้า							
1. เนื้อหาที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับนักเรียน	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
2. คำชี้แจงกิจกรรม ชัดเจนอ่านแล้วเข้าใจง่าย	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
3. ใบบิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสม	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
4. เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพียงพอต่อการเรียนรู้ของนักเรียน	1	1	0	0	1	0.60	สอดคล้อง	นำไปไว้ด้านกระบวนการ
ด้านกระบวนการ								
5. ความหลากหลาย และความท้าทายในการแก้ปัญหาของกิจกรรม	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
6. ขั้นตอนของกิจกรรมนักเรียนสามารถปฏิบัติได้	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 51 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ผลการพิจารณา					IOC	สรุปผล	การปรับแก้
	ของผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
7. กิจกรรมการเรียน ช่วยให้นักเรียน มีการริเริ่มความคิดหรือพัฒนา ผลงานที่แตกต่างจากเดิม โดยมี ความใหม่อย่างชัดเจน และนำไปสู่ การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
8. กิจกรรมการเรียน ช่วยให้นักเรียนใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ ปัญหา และหาแนวทางแก้ปัญหาที่ เหมาะสมกับสถานการณ์	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
9. กิจกรรมการเรียน ช่วยให้นักเรียนสื่อสารความคิดทั้งใช้ ภาษา และไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการ ฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพและ สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ สำเร็จตามเป้าหมาย	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
10. การประเมินท้ายกิจกรรมช่วย ให้นักเรียนเกิดการพัฒนาตนเอง	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
ด้านผลผลิต								
11. นักเรียนได้เรียนรู้และพัฒนา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	ตัดออก
12. นักเรียนมีการริเริ่มความคิด หรืออยากพัฒนาผลงานที่แตกต่าง จากเดิมให้มีความใหม่อย่างเห็นได้ ชัดและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลง ในทางที่ดีขึ้น	1	0	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

ตาราง 51 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ผลการพิจารณา					IOC	สรุปผล	การปรับแก้
	ของผู้เชี่ยวชาญ							
	1	2	3	4	5			
13. เมื่อเกิดปัญหานักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ส่วนต่างๆ ของกระบวนการทั้งหมดของปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพและหาแนวทางการแก้ปัญหาได้เหมาะสม	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
14. เมื่อได้รับมอบหมายให้นำเสนอผลงานนักเรียนสามารถสื่อสารความคิดของตนเองทั้งใช้แบบใช้ภาษาและไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพ	0	1	1	1	1	0.80	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
15. ขณะทำงานกลุ่มนักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข
16. การเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	1	1	1	1	1	1.00	สอดคล้อง	ไม่มีการแก้ไข

5.2 ผลการตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการเรียนรู้
ในกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ตาราง 52 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อ
การเรียนรู้ในกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ข้อคำถาม	ค่าอำนาจจำแนก	
	Item-Total Correlation	สรุปผล*
ด้านปัจจัยนำเข้า		
1. เนื้อหาที่กำหนดในกิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับนักเรียน	0.64	ใช้ได้
2. คำชี้แจงกิจกรรม ชัดเจนอ่านแล้วเข้าใจง่าย	0.85	ใช้ได้
3. ใบกิจกรรมมีความยากง่ายเหมาะสม	0.74	ใช้ได้
ด้านกระบวนการ		
4. เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพียงพอต่อการเรียนรู้ของนักเรียน	0.23	ใช้ได้
5. ความหลากหลาย และความท้าทายในการแก้ปัญหาของกิจกรรม	0.56	ใช้ได้
6. ขั้นตอนของกิจกรรมนักเรียนสามารถปฏิบัติได้	0.55	ใช้ได้
7. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนมีการริเริ่มความคิดหรือพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิม โดยมีความใหม่อย่างชัดเจน และนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น	0.72	ใช้ได้
8. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ปัญหา และหาแนวทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์	0.53	ใช้ได้
9. กิจกรรมการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนสื่อสารความคิดทั้งใช้ภาษา และไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมี	0.78	ใช้ได้

ตาราง 52 (ต่อ)

ข้อคำถาม	ค่าอำนาจจำแนก	
	Item-Total Correlation	สรุปผล*
ประสิทธิภาพและสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย		
10. การประเมินท้ายกิจกรรมช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาตนเอง	0.72	ใช้ได้
ด้านผลผลิต		
11. นักเรียนมีการริเริ่มความคิดหรืออยากพัฒนาผลงานที่แตกต่างจากเดิมให้มีความใหม่อย่างเห็นได้ชัดและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงในทางที่ดีขึ้น	0.56	ใช้ได้
12. เมื่อเกิดปัญหานักเรียนสามารถใช้เหตุผลในการวิเคราะห์ ส่วนต่าง ๆ ของกระบวนการทั้งหมดของปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ และหาแนวทางการแก้ปัญหาได้เหมาะสมและไม่ใช้ภาษา รวมทั้งการฟังได้อย่างมีประสิทธิภาพ	0.69	ใช้ได้
14. ขณะทำงานกลุ่มนักเรียนสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้สำเร็จตามเป้าหมาย	0.73	ใช้ได้
15. การเชื่อมโยงความรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ไปสู่การประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน	0.80	ใช้ได้
ค่าอำนาจจำแนกต่ำสุด	0.23	
ค่าอำนาจจำแนกสูงสุด	0.85	
ความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม		0.92

*คำถามนั้นมีอำนาจจำแนกใช้ได้ ต้องมีค่าตั้งแต่ .20 ขึ้นไป

ภาคผนวก จ ผลการทดสอบการแจกแจงคะแนนทักษะการเรียนรู้ และนวัตกรรมและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

สมมติฐานการทดสอบ

H_0 : มีการแจกแจงแบบปกติ

H_1 : มีการแจกแจงแบบไม่ปกติ หรือมีการแจกแจงในลักษณะอื่น

กำหนดระดับนัยสำคัญ เท่ากับ .05

สถิติทดสอบ คือ Shapiro-Wilk

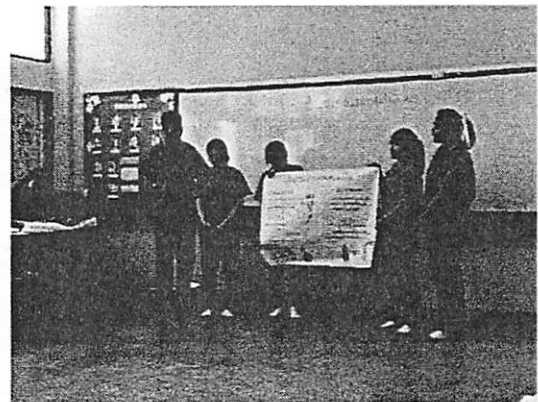
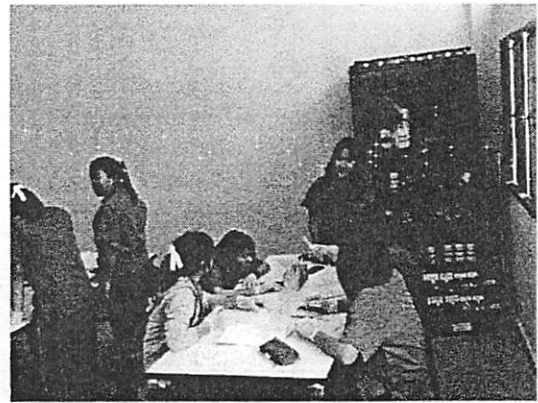
ตาราง 53 ผลการทดสอบการแจกแจงคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

การวัด		Statistic	df	Sig.
ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม	ก่อนเรียน	.939	29	.095
	หลังเรียน	.974	29	.662
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ก่อนเรียน	.938	29	.087
	หลังเรียน	.957	29	.281

จากตาราง 53 พบว่า ผลการวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทั้งก่อนและหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่ส่งเสริมทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีค่า p-value มากกว่า .05 ดังนั้นจึงยอมรับสมมติฐานศูนย์ (Accept H_0) นั่นคือ ผลการทดสอบการแจกแจงคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีมีการแจกแจงแบบปกติ

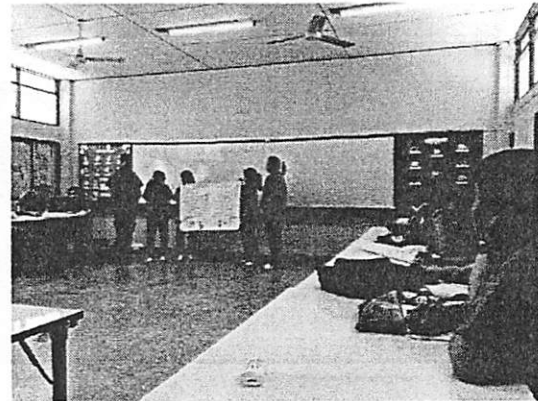
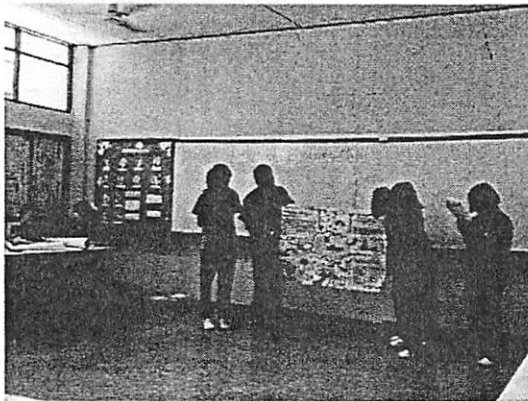
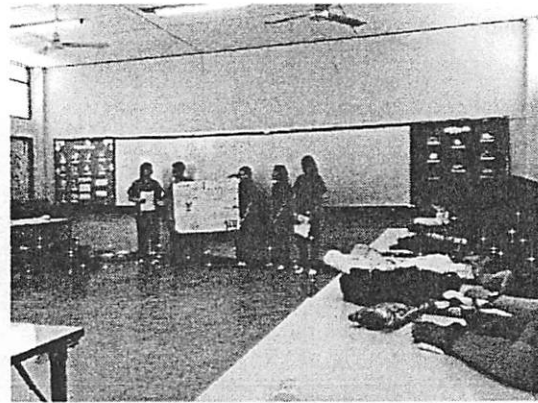
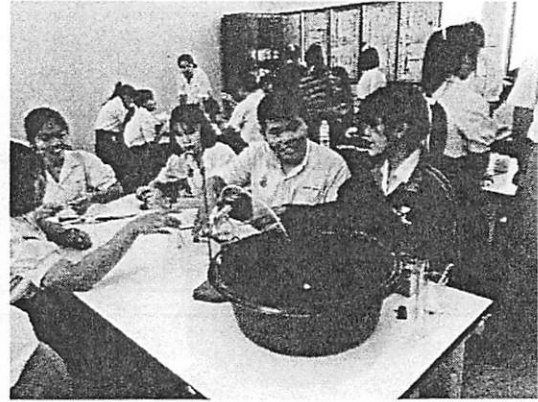
ภาคผนวก จ ตัวอย่างภาพการดำเนินกิจกรรม

๖ กิจกรรมนักทำความสะอาดมือโปร



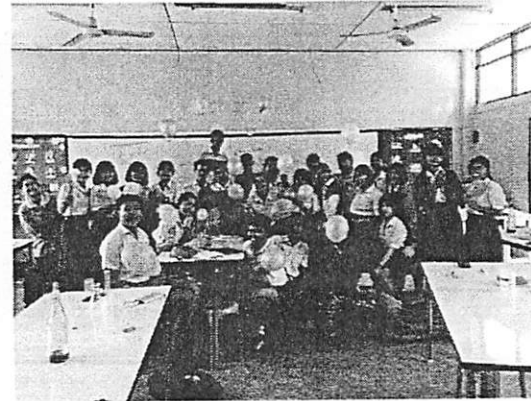
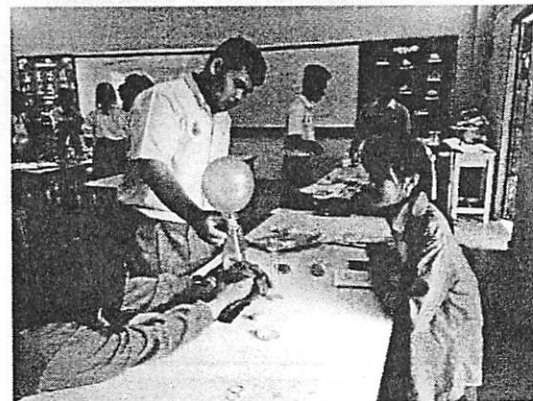
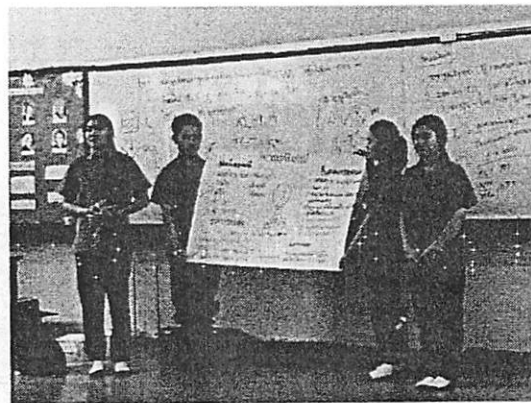
ภาพ 12 การปฏิบัติกิจกรรม “นักทำความสะอาดมือโปร” ของนักเรียน

๒ กิจกรรมมิตรภาพแห่งเพื่อน



ภาพ 13 การปฏิบัติกิจกรรม “กิจกรรมมิตรภาพแห่งเพื่อน” ของนักเรียน

๑ กิจกรรมลูกโป่งสวรรค์



ภาพ 14 การปฏิบัติกิจกรรม "ลูกโป่งสวรรค์" ของนักเรียน

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ประวัติผู้ศึกษาค้นคว้า

ชื่อ - ชื่อสกุล	วรัญญู พิชญภูสิทธิ์
วัน เดือน ปี เกิด	27 กันยายน พ.ศ. 2535
ที่อยู่ปัจจุบัน	135/16 หมู่ 12 ตำบลในเมือง อำเภอเมืองชัยภูมิ จังหวัดชัยภูมิ 36000
ที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนเจียงทองพิทยาคม อำเภอภักดีชุมพล จังหวัดชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 30
ตำแหน่งหน้าที่ปัจจุบัน	ครู
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2558	วท.บ. (เคมี) มหาวิทยาลัยพะเยา
พ.ศ. 2558	กศ.บ. (การศึกษา) มหาวิทยาลัยพะเยา