ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

นายณัฐชา พัฒนา

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต
วิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2561

The Effects of Learning Management Based on STEM Education Approach on Learning Achievement in the Chemistry Course Topic of Organic Chemistry and Science Creative Thinking of Mathayom Suksa VI Students at Pak Chong School in Nakhon Ratchasima Province

Mr. Natcha Pattana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for
the Degree of Master of Education in Science Educational
School of Educational Studies
Sukhothai Thammathirat Open University
2018

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

ชื่อและนามสกุล นายณัฐชา พัฒนา

วิชาเอก วิทยาศาสตร์ศึกษา

สาขาวิชา ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์

2. รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 10 มกราคม 2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์)

..... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.กฤษณา รุ่งโรจน์วณิชย์)

ชื่อวิทยานิพนธ์ ผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา

ผู้วิจัย นายณัฐชา พัฒนา **รหัสนักศึกษา** 2592000216 **ปริญญา** ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) **อาจารย์ที่ปรึกษา** (1) รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2) รองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ **ปีการศึกษา** 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าว ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และ (3) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่มจำนวน 2 ห้องเรียน รวม 78 คน แล้วจับฉลากห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยได้แก่ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ (2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และ (3) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัยปรากฏว่า (1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน (2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่าของนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ (3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

คำสำคัญ สะเต็มศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ เคมีอินทรีย์ มัธยมศึกษา

Thesis title: The Effects of Learning Management Based on STEM Education Approach on Learning Achievement in the Chemistry Course Topic of Organic Chemistry and Science Creative Thinking of Mathayom Suksa VI Students at Pak Chong School in Nakhon Ratchasima Province
Researcher: Mr. Natcha Pattana; **ID:** 2592000216;
Degree: Master of Education (Science Education);
Thesis advisors: (1) Dr. Nuanjid Chaowakeeratipong, Associate Professor;
(2) Dr. Tweesak Chindanurak, Associate Professor; **Academic year:** 2018

Abstract

The purposes of this study were (1) to compare the post-learning chemistry learning achievement of Mathayom Suksa VI students who learned by using STEM education approach with that of students who learned under the traditional learning management; (2) to compare science creative thinking of the students who learned by using STEM education approach with that of students who learned under the traditional learning management; and (3) to compare the pre-learning science creative thinking of the students who learned by STEM education with their post-learning counterpart thinking.

The research sample consisted of 78 Mathayom Suksa VI students in two heterogeneous intact classrooms of Pak Chong School in Nakhon Ratchasima province, obtained by cluster random sampling. Then, one class was randomly assigned as the experimental group; while the other class, the control group. The instruments used in this research were (1) learning management plans for learning by using STEM education approach in the chemistry course topic of Organic Chemistry and learning management plans for the traditional learning management; (2) a chemistry learning achievement test on the chemistry course topic of Organic Chemistry; and (3) a scale to assess science creative thinking. Statistics employed for data analysis were the mean, standard deviation, and t-test.

The research findings revealed that (1) the post-learning chemistry learning achievement of the students who learned by using STEM education approach and the counterpart learning achievement of the students who learned under the traditional learning management were not significantly different; (2) science creative thinking level of the students who learned by using STEM education approach was significantly higher than the counterpart thinking level of the students who learned under the traditional learning management at the .05 level of statistical significance, and (3) the post-learning science creative thinking level of the students who learned by using STEM education approach was significantly higher than their pre-learning counterpart level at the .05 level of statistical significance.

Keywords: STEM Education, Learning achievement, Science creative thinking, Organic Chemistry, Mathayom Suksa

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำและติดตามการทำวิทยานิพนธ์ตั้งแต่เริ่มต้นอย่างใกล้ชิด จนกระทั่งวิทยานิพนธ์สำเร็จเรียบร้อยสมบูรณ์ และขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นินนาท จันทร์สูรย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ นางสาวดารารัตน์ นกขุนทอง นางกานดา ศรีทองแท้ นางปารินทร์ มัฆวิมาลย์ นางสาวณฐมน นามมนตรี และนายธนบดี ชาญขุนทด ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบปรับปรุงแก้ไขและให้คำแนะนำเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนปากช่อง ที่อนุเคราะห์ช่วยเหลือในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณคณาจารย์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อนนักศึกษาวิชาเอกวิทยาศาสตร์ศึกษา และผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ทุกท่าน

คุณค่าและคุณประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเกียรติแด่ บิดา มารดา บูรพาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่มีส่วนสนับสนุน ให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยจนประสบผลสำเร็จ

ณัฐชา พัฒนา

มกราคม 2562

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ฌ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 4
สมมติฐานการวิจัย 4
ขอบเขตการวิจัย 5
นิยามศัพท์เฉพาะ 6
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8
สะเต็มศึกษา 9
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 26
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 38
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 49
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 50
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
การเก็บรวบรวมข้อมูล 58
การวิเคราะห์ข้อมูล 59
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 64
ตอนที่ 1 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ 64
ตอนที่ 2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ 65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ตอนที่ 3 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา
ระหว่างก่อนและหลังเรียน 66
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 69
สรุปการวิจัย 69
อภิปรายผล 71
ข้อเสนอแนะ 76
บรรณานุกรม 78
ภาคผนวก 86
ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย 87
ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ 89
ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 114
ประวัติผู้วิจัย 143

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ 17
ตารางที่ 2.2 มาตรฐานสะเต็มศึกษาและตัวชี้วัดตามแนวทาง สสวท. 25
ตารางที่ 2.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย 30
ตารางที่ 2.4 การแปลผลค่าความยาก 37
ตารางที่ 2.5 การแปลผลค่าอำนาจจำแนก 37
ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษาและกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้ 51
ตารางที่ 3.2 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ 55
ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ 64
ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา กับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ 65
ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา ระหว่างก่อนและหลังเรียน 66
ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง (Fluency) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน 66
ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน 67
ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่ม (Originality) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน 67

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
ด้านความคิดละเอียดละออ (Elaboration) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6
ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน 68

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันเป็นยุคศตวรรษที่ 21 เป็นโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วในทุกด้าน โดยเฉพาะด้านองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยีและการสื่อสารที่เผยแพร่ไปอย่างรวดเร็ว ส่งผลกระทบทั้งทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม และการเมืองทั่วโลก ในหลายๆ ประเทศ จึงมีการเตรียมทรัพยากรบุคคลให้มีความพร้อมสำหรับการเปลี่ยนแปลงนี้ จึงมีการวางแผนสำหรับการจัดการศึกษาเพื่อพัฒนาคนให้มีคุณภาพ เพื่อสร้างให้คนเกิดการพัฒนาศักยภาพอย่างเต็มที่ มีการคิดวิเคราะห์ รู้จักแก้ปัญหา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ นอกจากนี้จะต้องมีจิตสำนักต่อโลกและสิ่งแวดล้อม ดังนั้นการพัฒนาการเรียนการสอนจึงเป็นประเด็นเร่งด่วนของทุกประเทศ โดยจะต้องสอดคล้องกับความเจริญก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อให้ผู้เรียนทุกระดับมีความรู้เท่าทันการเปลี่ยนแปลงและมีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (อภิสิทธิ์ ธงไชย, 2555, พรทิพย์ ศิริภัราชัย, 2556, วัชรา เล่าเรียนดี และคณะ, 2560, ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558) ดังนั้นวิทยาศาสตร์จึงถือว่าเป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ ซึ่งเป็นสังคมแห่งความรู้ (Knowledge-based society) ประชาชนทุกคนจึงต้องได้รับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์และมีคุณธรรม ประกอบกับวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคตเพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคน ทั้งในการดำรงชีวิตประจำวันและในงานอาชีพต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่างๆ อีกทั้งวิทยาศาสตร์ยังช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 92) นอกจากนี้จะเห็นได้ว่าประเทศที่มีความเข้มแข็งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นรากฐานสำคัญล้วนเป็นประเทศที่มีความก้าวหน้าทางเศรษฐกิจ เนื่องจากการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ให้เจริญก้าวหน้าและสร้างเสริมขีดความสามารถของประเทศ มีปัจจัยสำคัญมาจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560 - 2564) จึงเน้นในเรื่องการเพิ่มความเข้มแข็งด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของประเทศ และการเพิ่มความสามารถ

ในการประยุกต์ใช้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและนวัตกรรม เพื่อยกระดับความสามารถการแข่งขันของภาคการผลิตและบริการ และคุณภาพชีวิตของประชาชน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2560, น. 16) สิ่งที่ทำให้เกิดการพัฒนานวัตกรรมได้ คือ ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งเป็นความสามารถอย่างหนึ่งของมนุษย์ที่มีคุณภาพมากกว่าความสามารถด้านอื่นๆ ถือเป็นหนึ่งในทักษะสำคัญของการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ในศตวรรษที่ 21 หากสามารถ ดึงศักยภาพเชิงสร้างสรรค์ของประชาชนออกมาใช้ได้มากก็ยิ่งมีโอกาสพัฒนา และเจริญก้าวหน้ามากเท่านั้น (อารี พันธ์มณี 2557, น. 2) เพราะความคิดสร้างสรรค์จะช่วยให้มองเห็นโอกาสที่นำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ การประดิษฐ์และก่อให้เกิดนวัตกรรมใหม่ๆ ทำให้บุคคลแก้ปัญหาต่างๆ ที่เข้ามาได้อย่างรวดเร็ว และพัฒนาสิ่งต่างๆ ได้โดดเด่นกว่าผู้อื่น เพราะโลกของการแข่งขันทำให้ต้องมีการพัฒนาสิ่งต่างๆ อย่างไม่หยุดนิ่ง พร้อมก้าวสู่อนาคต (เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์, 2556, น. 30) สอดคล้องกับนโยบายปัจจุบันของรัฐบาลที่ให้ความสำคัญกับการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นฐานในการพัฒนาประเทศ โดยใช้บูรณาการองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ รวมทั้งมุ่งผลิตกำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้สามารถแข่งขันได้ในระดับนานาชาติ และสร้างผู้ประกอบการเทคโนโลยีใหม่ (Tech Startup) โดยเน้นให้เด็กและเยาวชนกล้าคิด กล้าแสดงออกในทางที่สร้างสรรค์ และปลูกฝังให้เยาวชนรู้สึกรักการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ตั้งแต่วัยเด็กเพื่อนำไปต่อยอดสู่การขับเคลื่อนเศรษฐกิจที่ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ภัทรจิต ดิลกเดชาพล, 2560, น. 1-2)

แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา พบว่า อัตรากำลังคนของบุคลากรด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ มีแนวโน้มลดลง เป็นผลมาจากจำนวนนักเรียนที่จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายเลือกศึกษาต่อด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ลดลง หากพิจารณาผลการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ในปี 2015 (พ.ศ.2558) ตามโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment หรือ PISA) พบว่า นักเรียนประมาณหนึ่งในสาม (36.1%) สามารถตอบข้อสอบได้ถูก และอีกสองในสามตอบผิดหรือไม่ตอบ ในจำนวนนี้มีนักเรียนถึงร้อยละ 61 ที่ตอบข้อผิด สอดคล้องกับการประเมินการรู้เรื่องคณิตศาสตร์ พบว่า ในภาพรวมทั้งประเทศ มีนักเรียนประมาณหนึ่งในสาม (32.2%) สามารถตอบข้อสอบได้ถูก และอีกสองในสามตอบผิดหรือไม่ตอบ ในจำนวนนี้มีนักเรียนมากกว่าครึ่งที่ตอบผิด (64.6%) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) สะท้อนให้เห็นถึงปัญหาในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในโรงเรียน

เคมีเป็นเนื้อหาที่บรรจุไว้ในสาระสารและสมบัติของสาร ตามหลักสูตรขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการศึกษาเกี่ยวกับองค์ประกอบ โครงสร้างและการเปลี่ยนแปลงของสาร ซึ่งมีลักษณะจำเพาะเนื่องจากเนื้อหาเป็นนามธรรม มีการอธิบายลักษณะของสสารและการเปลี่ยนแปลงของสสารในเชิงคุณภาพ โดยมีการอธิบายปรากฏการณ์ใน 3 ระดับ คือ ระดับมหภาคเป็นการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ของสสารที่สังเกตได้ ระดับจุลภาคเป็นการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ในระดับอนุภาค ที่ไม่สามารถสังเกตได้ และระดับสัญลักษณ์เป็นการอธิบายโดยใช้สัญลักษณ์ทางเคมีเพื่ออธิบายความเชื่อมโยงสัมพันธ์ระหว่างการอธิบายในระดับมหภาคและจุลภาพ ซึ่งวิธีการทางเคมีจะประกอบด้วย 3 วิธี ได้แก่ การจัดจำแนก ปฏิบัติการทางเคมีและการคิดทางเคมี (นินนาท จันทร์สูรย์, 2560, น. 1, ชาตรี ฝ่ายคำตา, 2560, น. 5-8) จากข้อมูลดังกล่าว เป็นเหตุผลทำให้ผู้สอนวิชาเคมีต้องใช้วิธีการหลายรูปแบบเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะตามธรรมชาติของวิชาเคมี ซึ่งนักเรียนมักแสดงความคิดเห็นว่าเป็นวิชาที่ยาก มีเนื้อหาทั้งความจำและคำนวณ และนอกจากนี้สาเหตุอีกประการหนึ่งอาจเนื่องมาจากมีการสอนโดยเน้นการบรรยาย ครูเป็นผู้ถ่ายทอดความรู้เพียงฝ่ายเดียว ไม่ค่อยให้นักเรียนมีกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติร่วมกันเป็นกลุ่ม อาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เกิดปัญหาด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน (ธนัฏฐา คงทน และคณะ, 2559, น. 64, พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ์, 2561, น. 18)

ดังนั้นในการพัฒนาผู้เรียนด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีและมีความคิดสร้างสรรค์เพื่อเป็นกำลังหลักในการสร้างนวัตกรรมสำหรับการพัฒนาประเทศได้นั้น แนวทางหนึ่งที่มีการนำไปใช้ในการจัดการศึกษาในปัจจุบัน คือ การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เป็นการนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนหลักการในศาสตร์ทั้ง 4 ด้าน คือ วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มาบูรณาการและผสมผสานเข้าด้วยกันอย่างลงตัว ถือเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 โดยกระบวนการของสะเต็มศึกษาจะทำให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในการนำไปใช้กับสถานการณ์โลกปัจจุบัน โดยมุ่งแก้ไขปัญหาที่พบในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์สู่การสร้างนวัตกรรมในอนาคตเพื่อความมั่นคง และเศรษฐกิจของประเทศชาติ ตลอดจนสามารถรองรับและส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย 1) ด้านปัญญา ที่เน้นความเข้าใจในเนื้อหาวิชาจากการที่ได้ลงมือปฏิบัติส่งผลให้สามารถเชื่อมโยงความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ 2) ด้านทักษะการคิด ที่พัฒนาทักษะการคิดตั้งแต่พื้นฐานจนถึงการคิดขั้นสูง และ3) ด้านคุณลักษณะที่มุ่งเน้นทักษะการทำงานกลุ่ม การสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ การเป็นผู้นำตลอดจนการน้อมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, น. 145, กัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง, 2560, น. 3) มีหลายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาทั้งในและต่างประเทศ พบว่า การจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็ม

ศึกษาจะเป็นการจัดกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะ ผ่านการทำกิจกรรม (Activity based) เหมาะสำหรับใช้ในการศึกษาระมัธยมศึกษา นอกจากจะเป็นการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ยังสามารถพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง อาทิ การคิดสร้างสรรค์ การคิดวิเคราะห์ การคิดวิพากษ์วิจารณ์ เป็นต้น และยังทำให้ผู้เรียนมีความพึงพอใจและเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์อีกด้วย (พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558, ภัสสร ติดมา, 2558, เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง, 2560, น้ำเพชร กะการดี, 2560,; Diana, 2012, Mayasari, 2016)

จากความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยซึ่งปฏิบัติหน้าที่จัดการเรียนการสอนในวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมปีที่ 6 โดยมีเนื้อหาเรื่องเคมีอินทรีย์เป็นหลัก ซึ่งเป็นเนื้อหาพื้นฐานที่สำคัญในการเรียนรู้เนื้อหาอื่นๆ เช่น สารชีวโมเลกุล เชื้อเพลิงซากดึกดำบรรพ์ ผลิตภัณฑ์พอลิเมอร์ เป็นต้น การเรียนการสอนโดยทั่วไปเน้นการบรรยาย ทำให้นักเรียนขาดความสนใจและความกระตือรือร้นในการเรียน ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยการนำเอารูปแบบสะเต็มศึกษามาใช้จัดกิจกรรมการเรียนการสอนรายวิชาเคมี เพื่อให้ส่งเสริมนักเรียนมีความรู้ ทักษะกระบวนการ รู้จักวางแผนและทำงานอย่างเป็นระบบ พร้อมทั้งมีการพัฒนา ทั้งด้านเนื้อหาและทักษะในศตวรรษที่ 21

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

2.2 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

2.3 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

3. สมมติฐานการวิจัย

3.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. ขอบเขตการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

4.1.1 ประชากรที่ใช้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 6 ห้องเรียน รวม 263 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

4.2.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โดยการสุ่มแบบกลุ่มเพื่อให้ได้ห้องเรียน จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 78 คน แล้วจับฉลากห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองจำนวน 38 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 40 คน

4.2 ตัวแปรที่ศึกษา

4.2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

4.2.2 ตัวแปรตาม คือ

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียน
2) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

4.3 เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้เป็นเนื้อหารายวิชาเคมี 5 (ว 33225) เรื่องเคมีอินทรีย์ ตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนปากช่อง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 5 หัวข้อย่อย ได้แก่

4.3.1 แอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์

4.3.2 แอลดีไฮด์และคีโตน

4.3.3 กรดคาร์บอกซิลิก

4.3.4 เอสเทอร์

4.3.5 เอมีนและเอไมด์

4.4 เครื่องมือการวิจัย

4.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ แบบละ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลารวม 18 ชั่วโมง

4.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์

4.4.3 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

5. นิยามศัพท์เฉพาะ

5.1 การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม บูรณาการภายในวิชาเคมี เนื้อหาเคมีอินทรีย์ โดยการบูรณาการศาสตร์เนื้อหาความรู้วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันเป็นตัวกระตุ้นผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนใช้ความรู้ มาแก้ปัญหาโดยกระบวนการทางวิศวกรรม ด้วยกระบวนการกลุ่ม โดยใช้กระบวนการตามรูปแบบสะเต็มศึกษาในขั้นทำกิจกรรม แบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้

5.2 การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบปกติ หมายถึง การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5Es) ในวิชาเคมี เนื้อหาเคมีอินทรีย์เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมินผล (Evaluation) โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้

5.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียน โดยศึกษาพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ซึ่งพิจารณาจากคะแนนที่นักเรียนได้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชนิดอิงเกณฑ์ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

5.4 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์มาคิดได้กว้างไกล หลายทิศทาง ดัดแปลง ปรุงแต่ง ผสมผสาน เป็นความคิดแปลกใหม่และมีคุณค่า ซึ่งวัดจาก 4 องค์ประกอบ คือ คิดคล่อง คิดริเริ่ม คิดสร้างสรรค์ และคิดละเอียดลออ โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นแบบอัตนัย จำนวน 4 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 เป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา สำหรับนำไปใช้ในการเรียนการสอนในเนื้อหากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์หรือสาขาอื่นต่อไป

6.2 นักการศึกษา ครูและผู้ที่เกี่ยวข้องได้แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาไปใช้พัฒนาการเรียนการสอน

6.3 นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ผู้วิจัยได้ทำการสืบค้นข้อมูล และศึกษาเอกสาร และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. สะเต็มศึกษา (STEM Education)
   - 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา
   - 1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา
   - 1.3 ลักษณะและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา
   - 1.4 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา
   - 1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา
   - 1.6 การบูรณาการสะเต็มศึกษาในชั้นเรียน
   - 1.7 บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 1.8 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา
   - 1.9 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ (Science Learning Achievement)
   - 2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
   - 2.2 ขอบเขตการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
   - 2.3 ประเภทและการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
   - 2.4 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creative Thinking)
   - 3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์
   - 3.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
   - 3.3 องค์ประกอบและความคิดสร้างสรรค์
   - 3.4 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
   - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. สะเต็มศึกษา (STEM Education)

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM education) เป็นคำย่อที่ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี(Technology) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เริ่มเป็นที่รู้จักและแพร่หลายในปี พ.ศ. 2550 ซึ่งประเทศสหรัฐอเมริกาได้ประสบปัญหาเรื่องผลการทดสอบ PISA (Program for International Student Assessment) และ TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) และจากการขาดแคลนแรงงานคุณภาพทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและวิศวกรรม จึงมีความต้องการที่จะเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับต่างประเทศ ซึ่งสมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science: AAAS) ได้สร้างโครงการ 2061 เพื่อจะช่วยให้นักเรียนอเมริกัน เป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ประกอบกับสมาคมครูวิทยาศาสตร์แห่งชาติ (National Science Teacher Association: NSTA) คณะกรรมการครูคณิตศาสตร์แห่งชาติ (Council National of Teachers of Mathematics) และอาจารย์ในมหาวิทยาลัย เรียกร้องให้มีนวัตกรรม การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี จนกระทั่งคริสต์ศักราช 2001 Dr.Judith A. Ramaley อดีตประธานมูลนิธิ พื้นฐานวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา และมนุษยชาติ (National Science Foundation Education and Human Division) แห่งสหรัฐอเมริกา ใช้คำว่า STEM ซึ่งหมายถึง การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยมีการบูรณาการคณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีเข้าไว้เป็นหนึ่งศาสตร์การเรียนรู้ เป็นหลักสูตร เรียกว่า Meta-discipline โดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ใช้การเรียนรู้โดยวิธีปัญหาเป็นฐาน (Problem-based Learning) เรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning) การสืบค้น (Discovery) และเน้นให้นักเรียนเรียนรู้แบบรุก (Active Learning) เพื่อจะหาคำตอบที่สืบหา (Solution) โดยหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการทดสอบระดับนานาชาติสูงขึ้น และเป็นแนวทางในการส่งเสริมทักษะ ที่จำเป็นสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 (21st Century skills) (สุรยศ ทรัพย์ประกอบ และคณะ, 2556; เปรมจิตต์ ขจรภัย ลาร์เซ่น, 2559, น. 185-195; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556, น. 49–56; สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, น. 201) สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษาแบบท่องจำเป็นเวลานาน ต่อมานักการศึกษาเริ่มตื่นตัวและเริ่มการศึกษาแบบที่ให้นักเรียนลงมือทดลองและคิดมากขึ้น โดยเน้นเนื้อหาและสาระฝึกทักษะกระบวนการคิด การจัดกิจกรรมเรียนรู้จากประสบการณ์จริง สอดคล้องกับการศึกษาแบบสะเต็มที่เน้นการคิดทดลองและลงมือปฏิบัติ ประเทศไทยจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาการศึกษาด้านสะเต็ม เพื่อให้เด็กรู้จักวิธีคิดแก้ปัญหา คิดริเริ่มสร้างสรรค์ การประดิษฐ์

ความเชื่อมั่นในตนเอง การคิดอย่างมีเหตุผล และการมีความรู้ทางเทคโนโลยี (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 7-8; Lantz, 2009, p. 3)

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเกิดจากแนวคิดในการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีและวิศวกรรม อันเนื่องมาจากการขาดแคลนแรงงานคุณภาพทางวิศวกรรมและวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

1.2 ความหมายของสะเต็มศึกษา

จากที่ทราบมาแล้วว่า สะเต็มศึกษา เป็นคำย่อที่ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี(Technology) วิศวกรรมศาสตร์(Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ได้มีนักการศึกษาให้ความหมายและคำนิยามไว้ ดังนี้

อภิสิทธิ์ ธงไชย (2555, น. 78-80) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ทั้ง 4 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน โดยทุกสาขามีความสำคัญและเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการศาสตร์ทั้งสี่ด้านเพื่อให้ผู้เรียนมีการนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา โดยวิทยาศาสตร์ (Science) เป็นการศึกษาปรากฏการณ์ ในธรรมชาติโดยอาศัยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี (Technology) เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการทำงานเพื่อแก้ไขปัญหา ปรับปรุงแก้ไข หรือพัฒนาสิ่งต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือความจำเป็นของมนุษย์ โดยใช้กระบวนการแก้ไขอย่างเป็นขั้นตอน วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับการสร้างสรรค์นวัตกรรม เพื่อมาอำนวยความสะดวกของมนุษย์ โดยอาศัยความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และกระบวนการการทำงานทางเทคโนโลยีมาช่วยสร้างสรรค์ชิ้นงานนั้นๆ และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เป็นวิชาที่เป็นพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ศาสตร์อื่นและมีบทบาทสำคัญในการเป็นตัวเชื่อมอีกสามสาขาวิชาเข้าด้วยกันเพื่อแก้ไขปัญหาการทำงานให้เป็นไปตามต้องการ

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2556, น. 50) ได้กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่างๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์(Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineer: E) และคณิตศาสตร์(Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติและวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหา การค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบัน นอกจากนี้ ยังเป็นการส่งเสริมการพัฒนาทักษะสำคัญในโลกโลกาภิวัตน์หรือทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21

สุพรรณี ชาญประเสริฐ (2557, น. 3-5) กล่าวไว้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ โดยจะต้องมีการบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหาด้วย

พฤติกรรมเหล่านี้ รวมถึงการกระตุ้นให้เกิดความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุมีผลในเชิงตรรกะ รวมถึงทักษะของการเรียนรู้หรือการทำงานแบบร่วมมือ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ทั้งนี้เพื่อมุ่งเน้นให้สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในอนาคต

สนธิ พลชัยยา (2557, น. 7-8) กล่าวไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ หลักสูตรหรือการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งมีเป้าหมายสำคัญเพื่อนำผู้เรียนให้ไปสู่การคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ และช่วยให้ผู้เรียนเชื่อมโยงบทเรียนในห้องเรียนกับการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558, น. 129-130) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ว่าเป็นการบูรณาการศาสตร์ต่างๆ ได้แก่ คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรม สังคมศาสตร์เข้าด้วยกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ผู้เรียนเห็นถึงความสัมพันธ์ของแต่ละศาสตร์ที่นำมาบูรณาการ และสามารถนำไปใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง นอกจากนี้ยังมุ่งให้ผู้เรียนมีพฤติกรรมที่พึงประสงค์ เช่น ความสนใจในการสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การคิดอย่างมีเหตุผลในเชิงตรรกะ

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม (2559, น. 334-336) กล่าวไว้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง ผ่านประสบการณ์การนำความรู้มาออกแบบวิธีการ หรือกระบวนการ โดยจะพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพ ซึ่งช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะและสมรรถนะที่สอดคล้องกับ ความต้องการที่เปลี่ยนแปลงไปตามสังคมปัจจุบันและความก้าวหน้าในศตวรรษที่ 21

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559, น. 13) กล่างไว้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการความรู้จากศาสตร์ ทั้ง 4 คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนามนุษย์ให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้วยพื้นฐานความรู้จากการบูรณาการความรู้กับวิชาอื่นๆ ในการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์

โรเบิร์ต (Roberts, 2013) กล่าวไว้ว่า สะเต็มศึกษา คือ วิธีการหลอมรวม 4 ศาสตร์วิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ คณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งเดียว ทำได้โดยจัดการเรียนรู้ที่ตั้งอยู่บนฐานของการออกแบบ (Design-Based) การแก้ปัญหา (Problem Solving) การค้นพบ (Discovery) และการใช้ยุทธวิธีการสำรวจ (Exploratory Learning Strategies) โดยอาจแบ่งออกเป็น 2 องค์ประกอบ ได้แก่ 1) การบูรณาการเนื้อหาวิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ ให้เป็นส่วนหนึ่งของหลักสูตร และ 2) การบูรณาการทักษะทางวิศวกรรมศาสตร์ลงสู่วิธีการเรียนรู้ (Learning Strategies) และ/หรือ วิธีการจัดการเรียนรู้ (Teaching Strategies)

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษา คือ หลักสูตรหรือกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการระหว่าง วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติ และวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนง มาใช้ในการค้นคว้า แก้ปัญหา และพัฒนาสิ่งต่างๆ ในสถานการณ์ของโลกปัจจุบัน

1.3 ลักษณะและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการบูรณาการความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ที่มุ่งพัฒนาทักษะ พัฒนากระบวนการคิด การใช้เหตุผล การร่วมมือในการทำงาน ความคิดสร้างสรรค์ เพื่อแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน ซึ่งการจัดการศึกษาตามแนวทางสะเต็มศึกษามีลักษณะ (กมลวรรณ พฤฒินันทกุล, 2547, น. 9-10; เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง 2560, น. 12-13; อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ 2560, น. 13-14) ดังนี้

1.3.1 เป็นการบูรณาการระหว่างสาระวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งได้นำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัว ได้แก่

1) วิทยาศาสตร์ (S) เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ ซึ่งการสอนวิทยาศาสตร์ในสะเต็มศึกษา จะทำให้นักเรียนสนใจ กระตือรือร้น ท้าทาย

2) เทคโนโลยี (T) เป็นวิชาที่เกี่ยวกับระบบทั้งหมดของคนและองค์กร ความรู้สิ่งประดิษฐ์ กระบวนการแก้ปัญหา การปรับปรุงพัฒนาสิ่งต่างๆ หรือกระบวนการต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการ โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี เรียกว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design) ซึ่งคล้ายกับกระบวนการสืบเสาะ จึงไม่ได้หมายถึงคอมพิวเตอร์หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ตามที่คนส่วนใหญ่เข้าใจเท่านั้น

3) วิศวกรรมศาสตร์ (E) เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่างๆ โดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี โดยกระบวนการออกแบบทางเทคโนโลยีมีหลายขั้นตอน เริ่มจากการระบุถึงปัญหาและเงื่อนไขหรือกฎเกณฑ์ต่างๆ จากนั้นจะรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ แล้วจึงวิเคราะห์เลือกวิธีการแก้ปัญหาและลงมือทำตามขั้นตอนที่ได้ออกแบบไว้ รวมทั้งประเมินผลลัพธ์ที่ปฏิบัติ ร่วมกันอภิปรายถึงการดำเนินงานแล้วปรับปรุงพัฒนาให้ดีขึ้น

4) คณิตศาสตร์ (M) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่

(1) กระบวนการคิดคณิตศาสตร์ เช่น การเปรียบเทียบ การจำแนกหรือจัดกลุ่ม การจัดรูปแบบ การบอกรูปร่างและคุณสมบัติ

(2) ภาษาคณิตศาสตร์ เป็นการถ่ายทอดความคิดรวบยอด โดยการสื่อสารด้วยสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ เช่น มากกว่า น้อยกว่า เป็นต้น

(3) การส่งเสริมการคิดคณิตสาสตร์ขั้นสูง จากกิจกรรมต่างๆ

1.3.2 สามารถจัดสอนได้ทุกระดับชั้น ตั้งแต่ชั้นอนุบาลจนถึงมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการบูรณาการ โดยการบูรณาการด้านบริบทที่สอดคล้องกับชีวิตประจำวัน ซึ่งทำให้ผู้เรียน เห็นคุณค่าของการเรียนนั้นๆ และนำไปใช้ในชีวิตจริงได้ ซึ่งจะเพิ่มโอกาสในการทำงาน

1.3.3 ทำให้ผู้เรียนเกิดพัฒนาการด้านต่างๆ อย่างครบถ้วน และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 เช่น

1) ด้านปัญญา ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาวิชา

2) ด้านทักษะการคิด ผู้เรียนพัฒนาทักษะการคิด โดยเฉพาะการคิดขั้นสูง เช่น การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

3) ด้านคุณลักษณะ ผู้เรียนสามารถทำงานร่วมกัน มีความสามารถในการสื่อสาร เป็นผู้นำ ยอมรับคำวิพากษ์วิจารณ์ของผู้อื่น

สรุปได้ว่า สะเต็มศึกษาเป็นการจัดการศึกษาเป็นการบูรณาการที่เน้นจุดเด่นในธรรมชาติของทั้ง 4 สาระวิชา เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ คุณลักษณะที่เหมาะสมกับโลกศตวรรษที่ 21

1.4 เป้าหมายของสะเต็มศึกษา

เพื่อให้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ มีหน่วยงานและนักการศึกษาได้กล่าวถึงเป้าหมายของการจัดการศึกษาโดยใช้สะเต็มศึกษา ดังนี้

National Governor’s Association (2009 อ้างถึงในอับดุลยามีน หะยีขาเดร์, 2560, น. 16-17) ได้กล่าวว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ การรู้สะเต็มศึกษา (STEM literacy) เป็นการที่ผู้เรียนมีการรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายถึง ความสามารถในการประยุกต์ความเข้าใจของตนเองในการศึกษาความเป็นไปของโลกโดยใช้การบูรณาการความรู้จากทั้งสี่รายวิชา มีรายละเอียดดังนี้

1. การรู้วิทยาศาสตร์ (Science Literacy) ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ สามารถเชื่อมโยงความเกี่ยวเนื่องเนื้อหาระหว่างสาระวิชา และมีทักษะในการปฏิบัติการเชิงวิทยาศาสตร์ มีทักษะในการคิดที่เป็นเหตุเป็นผล สามารถค้นหาความรู้และแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

2. การรู้เทคโนโลยี (Technology Literacy) ความเข้าใจ และความสามารถในการใช้งาน จัดการ และเข้าถึงเทคโนโลยี ซึ่งเป็นกระบวนการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์

3. การรู้วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering Literacy) ความเข้าใจการพัฒนาหรือการได้มาของเทคโนโลยีโดยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่มีอยู่กับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อสร้างเครื่องใช้หรือวิธีการ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต

4. การรู้คณิตศาสตร์ (Mathematics Literacy) ความสามารถในการวิเคราะห์ให้เหตุผล และการประยุกต์แนวคิดทางคณิตศาสตร์ เพื่อสร้างอธิบายและทานายปรากฏการณ์ต่างๆ ภายใต้บริบทที่แตกต่างกัน รวมถึงตระหนักถึงบทบาทของคณิตศาสตร์และสามารถใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการวินิจฉัยและการตัดสินใจที่ดี

สอดคล้องกับ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558, น. 132) กล่าวไว้ว่า เป้าหมายที่สำคัญที่สุดของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวสะเต็มศึกษา คือ การรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM literacy) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความเข้าใจแนวคิด ทักษะ กระบวนการและความสามารถของบุคคลที่มีต่อความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ที่สัมพันธ์กับบุคคลและสังคม ซึ่งผู้รู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จะมีลักษณะดังนี้

1. ประยุกต์ความรู้ที่สัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในประเด็นต่างๆ

2. เข้าใจลักษณะของวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ว่าเป็นความพยายามของมนุษย์ที่รวมเอากระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางเทคโนโลยี ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มาใช้ในการออกแบบระบบทางวิศวกรรม

3. มีความตระหนักรู้ถึงรูปแบบของสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ ทั้งด้านเนื้อหาสาระ การใช้ปัญญาและเป็นวัฒนธรรมหนึ่งของโลก

4. เข้าไปมีส่วนร่วมในประเด็นที่สัมพันธ์กับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ โดยสามารถให้แนวคิดเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ว่าเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับพลเมืองโลก

นอกจากนี้ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558, น. 133-134) กล่าวถึงเป้าหมายของสะเต็มศึกษา ในการพัฒนานักเรียนในด้านต่างๆ ที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ดังนี้

1. ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง นักเรียนสามารถกำหนดคำถามและปัญหา ออกแบบและค้นคว้าเพื่อรวมกลุ่มข้อมูล สร้างข้อสรุป และสามารถประยุกต์ความเข้าใจเหล่านี้ไปสู่สถานการณ์ใหม่ๆ หรือที่ไม่เคยมีมาก่อนได้ นักเรียนต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ร่วมกับการคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์เพื่อช่วยในการแก้ปัญหา

2. ความเป็นผู้มีความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนสามารถคิดสร้างสรรค์โดยใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นหลักการในการประยุกต์ไปสู่การออกแบบระบบ

ทางวิศวกรรม โดยนักเรียนต้องวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา เพื่อกำหนดกรอบหรือขอบเขตที่จะศึกษาแนวทางแก้ปัญหา หรือการออกแบบระบบทางวิศวกรรมเพื่อตอบสนองความต้องการของโลกปัจจุบัน

3. ความสามารถในการประดิษฐ์ นักเรียนทราบความต้องการของสังคมและออกแบบสิ่งประดิษฐ์อย่างสร้างสรรค์ โดยบูรณาการความรู้ทั้งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อนำไปสู่การนำไปใช้จริง

4. ความเชื่อมั่นในตนเอง นักเรียนสามารถสร้างแรงกระตุ้นในการพัฒนาตนเองและมีแรงจูงใจในการพัฒนาความรู้และความเชื่อมั่นในตนเอง ต่อการทำงานในช่วงเวลาหรือสถานการณ์ที่มีความแตกต่างกันได้

5. ความคิดอย่างมีเหตุผล นักเรียนสามารถเข้าใจเหตุผลผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรม ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรมต่างๆ ได้

6. ความรู้ทางเทคโนโลยี นักเรียนสามารถอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี พัฒนาทักษะที่จำเป็นและสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม

ซึ่งสอดคล้องกับมอร์ริสัน (Morrison, 2006 อ้างถึงในอับดุลยามีน หะยีขาเดร์, 2560, น. 16-17) ได้สรุปเกี่ยวกับเป้าหมายด้านผู้เรียนที่ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา ไว้ดังต่อไปนี้

1. เป็นนักแก้ปัญหา โดยผู้เรียนสามารถตั้งคำถามและระบุปัญหา ออกแบบแนวทางการรวบรวม จัดระบบข้อมูล ลงข้อสรุปและประยุกต์ใช้ความรู้ที่ได้ในสถานการณ์ใหม่

2. เป็นนักสร้างสรรค์นวัตกรรม ในการประยุกต์ใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีกับกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์

3. เป็นนักประดิษฐ์ รู้ถึงความต้องการของสังคมเพื่อเป็นพื้นฐานในการออกแบบตรวจสอบ ปรับปรุงและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์อย่างสร้างสรรค์เพื่อตอบสนองความต้องการที่แท้จริง

4. เป็นนักพึ่งพาตนเอง ที่สามารถนาความคิดที่ริเริ่มและแรงจูงใจภายในมาใช้ในการสร้างและพัฒนาความเชื่อมั่นในตนเองให้สามารถให้สามารถทำงานได้

5. เป็นนักคิดอย่างมีเหตุผล คือเข้าใจและอธิบายธรรมชาติของเทคโนโลยี การพัฒนาทักษะที่จำเป็นและประยุกต์ใช้เทคโนโลยีได้อย่างเหมาะสม

พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ (2561, น. 163-165) กล่าวไว้ว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ การผลิตและพัฒนากำลังคนที่มีทักษะด้านสะเต็ม การสร้างเยาวชนรุ่นใหม่ที่จะเป็นกำลังคนแห่งอนาคต (Workforce of the future) ที่มีความคิดสร้างสรรค์ มีทักษะด้านสะเต็มศึกษาและการพัฒนากำลังคนที่มีคุณภาพด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์จะช่วยเพิ่มขีดความสามารถระดับสากล โดยประเทศไทยจำเป็นต้นเร่งพัฒนาและดำเนินการระบบ

สะเต็มศึกษา ตลอดจนพัฒนาระบบสนับสนุนการดำเนินงานด้านสะเต็ม ซึ่งจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากหลายฝ่าย

กล่าวโดยสรุปจะเห็นได้ว่าเป้าหมายของสะเต็มศึกษา เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้มีความรู้ทักษะกระบวน และเข้าใจความสัมพันธ์ของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ เพื่อให้สามารถนำความรู้เหล่านั้นไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์หรือใช้ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน โดยใช้องค์ความรู้ ความคิดอย่างสร้างสรรค์มีเหตุผลอย่างเป็นระบบ

1.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

เพื่อให้การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุเป้าหมายของสะเต็มศึกษา มีนักการศึกษาเสนอแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

สนธิ พลชัยยา (2557, น. 7-8) กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษามีส่วนคล้ายกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (inquiry approaches) ที่ผู้เรียนต้องค้นหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ครูหรือผู้สอนนั้น ทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก (facilitator) และการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน (Project based learning) ในแง่ของการประยุกต์ความรู้มาใช้ในการแก้ปัญหาหรือสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ

วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559, น. 38) กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา มีหลากหลายรูปแบบและกระบวนการ ครูต้องเลือกวิธีที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้เข้ากับวัย เนื้อหา จุดประสงค์การเรียนรู้และผลที่ต้องการให้นักเรียนได้รับ โดยนำมาตรฐานการศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งอาจแยกหัวข้อและกระบวนการ หรือนำมาสอนร่วมกันทีละส่วนขึ้นอยู่กับความเหมาะสม โดยรูปแบบการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา ได้แก่ การใช้ปัญหาเป็นฐานการเรียนรู้ การสืบเสาะหาความรู้ การใช้โครงงานเป็นฐาน การสร้างองค์ความรู้ (Contructivist) เป็นต้น

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น. 18) กล่าวไว้ว่า แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่สนับสนุนรูปแบบสะเต็มศึกษา ได้แก่ ลักษณะที่เป็นการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ลักษณะที่ใช้ปัญหาหรือโครงงานเป็นฐาน และมีการบูรณาการสื่อเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้

พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ (2561, น. 167-170) กล่าวไว้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี ผนวกกับกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม โดยผู้เรียนจะได้ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และนำความรู้ มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน นอกจากนี้พบว่าสะเต็มศึกษาจะเกี่ยวข้องกับ 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้ คือ กลุ่มสาระ

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และกลุ่มสาระการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนั้นเมื่อออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจึงต้องคำนึงถึงธรรมชาติของวิชาและเป้าหมายในการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์มีกระบวนการส่วนใหญ่เหมือนแนวปฏิบัติทางวิศวกรรม ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 เปรียบเทียบแนวปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

วิทยาศาสตร์	**วิศวกรรมศาสตร์**	**เทคโนโลยี**	**คณิตศาสตร์**
ตั้งคำถาม (เพื่อเข้าใจธรรมชาติ)	นิยามปัญหา (เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิต)	ตระหนักถึงบทบาทของเทคโนโลยีต่อสังคม	ทำความเข้าใจและพยายามแก้ปัญหา
พัฒนาและใช้โมเดล	พัฒนาและใช้โมเดล		ใช้คณิตศาสตร์ในการสร้างโมเดล
ออกแบบและลงมือปฏิบัติการค้นคว้า วิจัยทดลอง	ออกแบบและลงมือปฏิบัติการค้นคว้า วิจัยทดลอง	เรียนรู้วิธีการใช้งานเทคโนโลยีใหม่ๆ	ใช้เครื่องมือที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา
วิเคราะห์ข้อมูล	วิเคราะห์ข้อมูล		ให้ความสำคัญกับความแม่นยำ
ใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณ	ใช้คณิตศาสตร์ช่วยในการคำนวณ	เข้าใจบทบาทของเทคโนโลยีในการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม	ใช้ตัวเลขในการให้ความหมายหรือเหตุผล
สร้างคำอธิบาย	ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา		พยายามหาวิธีการและใช้โครงงานในการแก้ปัญหา
ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิด	ตัดสินใจเลือกใช้เทคโนโลยีโดยพิจารณาถึงผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม	สร้างข้อโต้แย้งและสามารถวิพากษ์การให้เหตุผลของผู้อื่น
ประเมินและสื่อสารแนวคิด	ประเมินและสื่อสารแนวคิด		มองหาและนำเสนอระเบียบวิธีการในการให้เหตุผล

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558 ก)

จากตารางที่ 2.1 พบว่า แนวปฏิบัติออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ของวิชาวิทยาศาสตร์และวิศวกรรม มีการใช้และพัฒนาแบบจำลอง มีการออกแบบและลงมือค้นคว้า เก็บรวบรวมและ

วิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งจะต้องใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ในการคำนวณ นอกจากนี้ยังมีการใช้หลักฐานในการยืนยันแนวคิดซึ่งเป็นคำตอบเกี่ยวกับข้อสงสัยในธรรมชาติ และท้ายที่สุดต้องมีการประเมินและมีการสื่อสารแนวคิดให้บุคคลอื่นได้รับทราบอย่างกว้างขวาง

สรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาให้มีประสิทธิภาพ ครูผู้สอนอาจจะใช้แนวทางการจัดการเรียนการสอนในลักษณะการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา หรือโครงงานเป็นฐาน พร้อมทั้งนำเทคโนโลยีเข้ามาประยุกต์ใช้ในชั้นเรียน

1.6 การบูรณาการสะเต็มศึกษาในชั้นเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการบูรณาการ เป็นการนำศาสตร์สาขาวิชาต่างๆ ที่มีเนื้อหาสัมพันธ์เกี่ยวข้องกันมาจัดประสบการณ์การเรียนรู้ในลักษณะการผสมผสาน เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการและสภาพจริงของผู้เรียน ซึ่งการบูรณาการสามารถทำได้หลายรูปแบบ ดังที่ พัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ (2561, น. 173-175) ได้แบ่งประเภทของการบูรณาการไว้ดังนี้

1. การบูรณาการเนื้อหา เป็นการนำเนื้อหาของสาระต่างๆ หรือระหว่างกลุ่มสาระมาสัมพันธ์เกี่ยวข้องเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน โดยอาจกำหนดหัวข้อหรือหัวเรื่องเป็นประเด็นปัญหาแล้วนำเนื้อหาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับหัวเรื่องหรือหัวข้อนั้นมาผสมผสานกันโดยใช้ทักษะต่างๆ มาเชื่อมโยงให้ผู้เรียนได้ความรู้ ทักษะและเจตคติที่ต้องการ

2. การบูรณาการกระบวนการเรียนรู้ เป็นการนำรูปแบบและวิธีการต่างๆ ของการถ่ายทอดความรู้ของผู้สอนมาผสานเข้าด้วยกัน หรือการจัดให้ผู้เรียนได้สามารถแสวงหาความรู้จากกระบวนการและวิธีการต่างๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้

3. การบูรณาการเป้าหมายการเรียนรู้ เป็นการบูรณาการที่ยึดเป้าหมายของการเรียนรู้เป็นหลัก โดยผู้สอนอาจกำหนดหัวข้อหรือเรื่องเป็นประเด็นในการศึกษา แล้วดูว่าในประเด็นที่จะศึกษานั้นมีเป้าหมายที่ต้องการให้ผู้เรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไร จากนั้นก็นำเนื้อหาต่างๆ ที่สัมพันธ์กันกับประเด็นที่จะศึกษามาเชื่อมโยงกัน โดยมีเป้าหมายการเรียนรู้เป็นเรื่องเดียวกัน

นอกจากนี้ สิรินภา กิจเกื้อกูล (2558, น. 155) ได้อธิบายการบูรณาการเนื้อหาตามแนวทางสะเต็มศึกษา เพื่อให้ผู้เรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ เป็น 4 ระดับได้แก่

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary) หมายถึง ผู้สอน จัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหา (Contents) และทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ วิชาทางเทคโนโลยี วิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาทางคณิตศาสตร์

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary) หมายถึง ผู้สอนจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการของ 4 สาขาวิชาในสะเต็มศึกษาแยกกันเป็นวิชาทางวิทยาศาสตร์ วิชาทางเทคโนโลยี วิชาทางวิศวกรรมศาสตร์ และวิชาทางคณิตศาสตร์ แต่ได้มี

การกำหนดหัวข้อหลัก (theme) หรือหัวข้อเรื่องที่จะจัดการเรียนรู้เหมือนกัน ทั้งนี้เพื่อให้ ผู้เรียนมองเห็นความเชื่อมโยงระหว่างกันได้

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนจับคู่หรือตั้งทีมงานช่วยกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อจัดการเรียนรู้ด้านเนื้อหาและทักษะปฏิบัติการที่เกี่ยวข้องกัน เป็นการรวมกันมากกว่า 1 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary) หมายถึง ผู้สอนทั้ง 4 สาขาวิชาของสะเต็มศึกษา ร่วมมือกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้ ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะต่างๆ ของทั้ง 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ สำหรับการแก้ไขปัญหาในชีวิตจริง และสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ด้วยตนเอง

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, น. 8) เสนอให้ผู้สอนสามารถเลือกรูปแบบการบูรณาการไปใช้ได้ตามความเหมาะสมของเนื้อหา หรือตามสภาพแวดล้อมและความสอดคล้องที่เป็นจริงในโรงเรียน โดยสิ่งที่ควรคำนึงจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดต่อผู้เรียน มีดังนี้

1. จัดการเรียนการสอนโดยเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด

2. ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้ร่วมทำงานกลุ่มด้วยตนเอง โดยจัดกิจกรรมต่างๆ ให้หลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทำงานด้วยกัน

3. จัดประสบการณ์ตรงให้แก่ผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนได้เรียนรู้จากสิ่งที่เป็นจริงที่เกิดขึ้นจริงในชีวิต และสามารถนำความรู้นั้นไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

4. จัดบรรยากาศในชั้นเรียนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความกล้าในการแสดงออก โดยผู้สอนต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับผู้อื่นในกลุ่ม และในชั้นเรียนสม่ำเสมอ เพื่อสร้างความมั่นใจให้กับผู้เรียนในการกล้าที่จะแสดงความคิดเห็นของตนเองออกมา

5. ปลูกฝังจิตสำนึก ค่านิยม และจริยธรรม ที่ถูกต้องและดีงาม โดยสอดแทรกในกระบวนการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถแยกแยะความถูกต้องและดีงามในการดำรงชีวิตในสังคมได้

สรุปได้ว่า การบูรณาเนื้อหาตามแนวทางสะเต็มศึกษาในชั้นเรียน ผู้สอนสามารถบูรณาการได้ 4 แบบ ได้แก่ การบูรณาการภายในวิชา การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ การบูรณาการแบบสหวิทยาการ และ การบูรณาการแบบข้าม โดยเน้นการจัดประสบการณ์ตรงผ่านกระบวนการทำงานเป็นกลุ่ม พร้อมทั้งปลูกฝังคุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

1.7 บทบาทของครูในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (อ้างถึงในภัสสร ติดมา, 2558, น. 46) ได้เสนอบทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. ต้องออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ให้มีความน่าสนใจ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจ

2. ครูต้องเตรียมพร้อมล่วงหน้าเป็นอย่างดี ในเรื่องความรู้ที่นำมาสอน ลำดับการถ่ายทอดความรู้ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้พร้อมสำหรับผู้เรียนได้ทำกิจกรรม

3. ต้องคอยตั้งคำถามที่สร้างความสนใจให้ผู้เรียน และนำไปสู่การอภิปรายข้อมูลได้ และเป็นคำถามที่เหมาะกับผู้เรียนในแต่ละวัย

4. ครูต้องคอยตั้งคำถามที่นำไปสู่การคิดวิเคราะห์ เพื่อให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปสู่การแก้ปัญหา และสร้างสรรค์ผลงาน

5. ครูต้องมีความรู้ ความเข้าใจในข้อมูลของแต่ละสาขาวิชาที่นำมาบูรณาการเข้าด้วยกันได้

จำรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558, น. 64-65) ได้เสนอเกี่ยวกับบทบาทของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่ตื่นเต้นน่าสนใจสนุกสนานมีชีวิตชีวาเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิดและการแก้ปัญหาในสถานการณ์จริง

2. ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่ท้าทายความรู้ความสามารถกระบวนการคิดและการแก้ปัญหาของผู้เรียนโดยใช้สถานการณ์ที่เป็นปัญหาในโลกปัจจุบัน

3. จัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ

4. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการใน 3 สาระ ได้แก่ สาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยสอดแทรกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based learning) โดยสร้างสถานการณ์ที่เป็นปัญหาเกี่ยวกับชีวิตจริง และท้าทายกระบวนการคิดของผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดหาคำตอบ โดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์และสามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง

6. เป็นโค้ช (Coach) หรือ เป็นพี่เลี้ยงทางวิชาการ (Mentor)

7. ตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด

8. ประเมินกระบวนการทำงานและผลงานของผู้เรียนโดยใช้วิธีการที่หลากหลายและให้ข้อมูลย้อนกลับระหว่างและหลังจากปฏิบัติการทดลองโดยใช้การสื่อสารเชิงบวก

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558, น. 141) กล่าวไว้ว่า ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ศึกษา ครูมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวก จัดกิจกรรมที่ท้าทายความสามารถของนักเรียน เชื่อมโยงวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์เข้าสู่ชีวิตจริงของนักเรียน รวมทั้งส่งเสริมให้นักเรียนสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์หรือนวัตกรรม เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันและยอมรับในปัญหา และความท้าทายที่จะเกิดขึ้นกับการบูรณาการกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรม

สรุปได้ว่า ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ครูเป็นผู้ออกแบบและเตรียมการในส่วนต่างๆ ได้แก่ อุปกรณ์ ข้อมูล แนะนำและอำนวยความสะดวกในการศึกษาค้นคว้าของผู้เรียน พร้อมทั้งใช้คำถามในการกระตุ้นกระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหา

1.8 ข้อดีและข้อจำกัดของการจัดการเรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1.8.1 ข้อดีของสะเต็มศึกษา

นาธาน เอ็ม (2556 อ้างถึงในภัสสร ติดมา, 2558, น. 47) ได้กล่าวถึงข้อดีของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. ส่งเสริมให้เข้าใจในทั้ง 4 สาขาวิชาได้ลึกซึ้ง
2. ช่วยให้การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์มีความหมายมากยิ่งขึ้น ผ่านการนำไปใช้ออกแบบ และแก้ปัญหาตามแนวทางวิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี ในบริบทที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน
3. ส่งเสริมให้มีความเข้าใจและมีทักษะในการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ ได้ดี
4. ผู้เรียนมีทักษะในการเรียนรู้ และการประยุกต์ใช้ข้ามศาสตร์ทั้ง 4 ได้อย่างไม่ติดขัด
5. ผู้เรียนเห็นความสำคัญของวิศวกรรมศาสตร์มากขึ้น

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560, น. 30-31) ได้สรุปข้อดีของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำงานเป็นทีม
2. ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
3. ส่งเสริมทักษะการแก้ปัญหา โดยกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ สำรวจตรวจสอบผ่านปัญหาที่เป็นปลายเปิด
4. ส่งเสริมความเท่าเทียมกันทางการศึกษา
5. ส่งเสริมผู้เรียนรักและเห็นคุณค่าของการเรียนวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

6. ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดในสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

7. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้แบบกระตือรือร้น และตระหนักถึงความหมายของการเรียนรู้เนื้อหาที่เฉพาะเจาะจง

8. ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น

9. ส่งเสริมให้ผู้เรียนสนใจประกอบอาชีพด้านสะเต็มมากขึ้น

10. พัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดเชิงระบบ (System thinking) การรู้วิทยาศาสตร์ตลอดจนสร้างนวัตกรรมรุ่นใหม่ในการสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ และกระบวนการใหม่ๆ อย่างยั่งยืนภายใต้ระบบเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

11. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนเรียนรู้เนื้อหาเชิงลึกได้มากขึ้นจากการบูรณาการเนื้อหา ทักษะ กระบวนการที่สัมพันธ์กันของวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เป็นพื้นฐาน

12. แก้ปัญหาการขาดแคลนบุคลากรที่มีความสามารถทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นพื้นฐานของการพัฒนาประเทศในอนาคต

13. สร้างกำลังคนด้านสะเต็มของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพเศรษฐกิจ

14. ช่วยเพิ่มโอกาสในด้านเศรษฐกิจ การทำงาน และการเพิ่มมูลค่า

15. ช่วยสร้างเสริมความมั่นคงให้กับประเทศไทยโดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านความมั่นคงและความปลอดภัยด้านไซเบอร์ (cyber security)

1.8.2 ข้อจำกัดของสะเต็มศึกษา

นาธาน เอ็ม (2556 อ้างถึงในภัสสร ติดมา, 2558, น. 47) ได้กล่าวถึงข้อจำกัดของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาต้องใช้เวลานาน และใช้ระยะเวลาในการจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ในการสอนเป็นเวลานาน

2. ผู้บริหารโรงเรียนและครูผู้สอนอาจจะไม่ให้ความร่วมมือในการนำการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษามาใช้ในโรงเรียน สาเหตุหลัก คือ โรงเรียนจะมีหลักสูตรและกิจกรรมต่างๆ ที่ถูกจัดไว้ค่อนข้างแน่นอนแล้ว การเปลี่ยนแปลงเพิ่มหรือลดเนื้อหาที่ต้องการสอนทำให้ครูผู้สอนและผู้บริหารโรงเรียนไม่พร้อมที่จะให้ความร่วมมือ

3. ครูผู้สอนในระดับชั้นมัธยมต้นหรือมัธยมปลาย อาจจะไม่สามารถสอนข้ามศาสตร์ได้ เนื่องจากเนื้อหาในศาสตร์อื่นเป็นเนื้อหาที่ครูผู้สอนไม่ได้เรียนมาโดยตรง และบางเนื้อหายากต่อการทำความเข้าใจ

4. ในการเรียนการสอนบูรณาการทั้ง 4 แบบ ถึงแม้จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ข้ามศาสตร์ต่างๆ ได้ดี แต่เป็นการยากที่จะทำให้ผู้เรียนเข้าใจ และเห็นคุณค่าลักษณะจำเพาะศาสตร์แต่ละศาสตร์ในสะเต็มศึกษา

5. เป็นการยากที่จะผนวกศาสตร์ทั้ง 4 เข้าด้วยกันในเชิงกระบวนการคิด

6. บางครั้งผู้เรียนอาจเกิดความสับสนในการทำความเข้าใจเนื้อหาที่ไม่ได้มีการสอนแบบแยกเป็นรายวิชา

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560, น. 30-31) ได้สรุปถึงและข้อจำกัดของสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1. รูปแบบของการบูรณาการหลักสูตร (Form) ที่ครูสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในชั้นเรียนยังไม่มีความชัดเจน

2. เป้าหมาย (Function) ของการจัดการศึกษาแบบสะเต็ม ที่ต้องการให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนยังไม่มีความชัดเจน

3. ครูขาดความเข้าใจ หรือมีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการนำแนวคิดนี้ไปสู่การปฏิบัติ

สรุปได้ว่า ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะส่งเสริมให้เกิดองค์ความรู้ ทักษะกระบวนการ การคิดขั้นสูงเพื่อแก้ปัญหาโดยบูรณาการศาสตร์ทั้ง 4 ซึ่งทำให้ผู้เรียนเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพ แต่ยังเป็นเรื่องท้าทายครูผู้สอนในเรื่องของเวลาและการออกแบบการเรียนการสอนเพื่อบูรณาการทั้ง 4 ศาสตร์ เข้าด้วยกันอย่างมีประสิทธิภาพ

1.9 การวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557, น. 17-20) ได้กล่าวถึงการวัดผลและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการเน้นการวัดและประเมินผลในสภาพจริงและที่ผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน โดยผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัดและประเมินผลและพัฒนาผู้เรียนให้เต็มตามศักยภาพตามความถนัด และความสนใจของแต่ละบุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง ซึ่งเป็นการประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียน จากการแสดงออก การกระทำ หรือผลงานเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยมีลักษณะสำคัญได้แก่

1. การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลายๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลายๆ ด้านในสถานการณ์ต่างกัน

2. สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของผู้เรียนในแง่ของผู้ผลิตและกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าที่จะประเมินว่าผู้เรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

3. มุ่งเน้นประเมินศักยภาพโดยรวมของผู้เรียนทั้งด้านความรู้พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัย ทักษะในด้าน ต่างๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น เป็นต้น

4. ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของผู้เรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลายๆ ด้านและหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของผู้เรียนที่ควรจะให้การส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้ผู้เรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ

5. ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของครูว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอนหรือไม่ ครูสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับกระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่นๆ

6. เป็นการประเมินที่ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตัวเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

7. เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่าผู้เรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่ใช้ชีวิตในสังคมได้

โดยมีวิธีการและใช้แหล่งข้อมูล เช่น ชิ้นงาน ผลงาน รายงาน สังเกตการณ์แสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม การสัมภาษณ์ บันทึกของผู้เรียน การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างผู้เรียนและครู การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ (practical assessment) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (performance assessment) การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน (portfolio assessment) การทดสอบ เป็นต้น

แต่เนื่องจากการประเมินตามสภาพจริงให้ความสำคัญต่อการแสดงออกที่แท้จริงของผู้เรียนขณะทำกิจกรรม งานหรือกิจกรรมที่กำหนดให้ผู้เรียนทำ ซึ่งมีแนวทางไปสู่ความสำเร็จของงานและมีวิธีการหาคำตอบหลายแนวทาง คำตอบที่ได้อาจมิใช่แนวทางที่กำหนดไว้เสมอไป จึงทำให้การตรวจให้คะแนนไม่สามารถให้ได้อย่างชัดเจนแน่นอน ดังนั้นการประเมินตามสภาพจริง จึงต้องมีการกำหนดแนวทางการให้คะแนนอย่างชัดเจน การกำหนดแนวทางอาจทำโดยครู คณะครู หรือครูและผู้เรียนกำหนดร่วมกัน แนวทางการประเมินนั้นจะต้องมีมาตรวัดว่า ผู้เรียนทำอะไรได้สำเร็จอยู่ในระดับใด แนวทางการประเมินที่มีมาตรวัดนี้ เรียกว่า เกณฑ์การประเมินรูบริคส์ (Rubric)

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558ข) ได้จัดทำมาตรฐานสะเต็มศึกษา เพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนและสถานศึกษานำไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ และ

การวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของผู้เรียน โดยมีเป้าหมายสำคัญของการพัฒนาผู้เรียนตามแนวทางสะเต็มศึกษา ดังนี้

ตารางที่ 2.2 มาตรฐานสะเต็มศึกษาและตัวชี้วัดตามแนวทาง สสวท.

มาตรฐานสะเต็มศึกษา	**ตัวชี้วัด**
บูรณาการความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง	1. ระบุปัญหาที่พบ 2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา 3. ออกแบบวิธีการโดยการเชื่อมโยงความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ 4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา 5. ทดสอบ ประเมิน และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหา 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาและผลการแก้ปัญหา

ที่มา: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558 ข)

ทั้งนี้แต่ละตัวชี้วัดได้ระบุสิ่งที่ผู้เรียน “ควรรู้” และ “สามารถทำได้” ที่สอดคล้องและส่งเสริมพัฒนาการการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยจำแนกเป็นตัวชี้วัดในระดับประถมศึกษา ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมถึงระบุข้อมูลเชิงประจักษ์ของผู้เรียนจากการที่ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมทั้งในการค้นหาความรู้ การแก้ปัญหาหรือสร้างเทคโนโลยีและนวัตกรรมที่ปรากฏให้เห็นเป็นผลงาน หลักฐานร่องรอยหรือการแสดงออก ซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการประเมินคุณภาพของผู้เรียน

สรุปได้ว่า ในการการวัดและประเมินผลตามแนวทางสะเต็มศึกษา นอกจากจะใช้การวัดด้านความรู้แล้ว ครูผู้สอนอาจทำการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงจากภาระงาน/ชิ้นงานและการวัดภาคปฏิบัติ ซึ่งจะสะท้อนถึงความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

เนื่องจากวิชาเคมี เป็นสาขาวิชาหนึ่งในวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงขอนำเสนอเอกสารที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถของนักเรียนในด้านต่างๆ ซึ่งเกิดจากนักเรียนได้รับประสบการณ์จากกระบวนการเรียนการสอนของครู ได้มีผู้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ดังนี้

คลอฟเฟอร์(Klopfer, 1971, pp. 574-580) ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์เป็นการวัดพฤติกรรมที่เกิดจากความสามารถทางสมองของนักเรียนเมื่อผ่านการเรียนการสอนแล้ว

กู๊ด (Good, 1973, p. 7) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ในวิชาต่างๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ซึ่งได้จากการทดสอบของครูผู้สอนหรือผู้รับผิดชอบในการสอนหรือทั้งสองอย่างร่วมกัน

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, น. 295) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง พฤติกรรมแสดงออกถึงความสามารถในการกระทำสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้ จากที่ไม่เคยกระทำได้ หรือกระทำได้น้อย ก่อนที่จะมีการเรียนการสอนและเป็นพฤติกรรมที่สามารถวัดได้

สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2544, น. 11) กล่าวไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ด้านสติปัญญาหรือความรู้ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งประเมินได้จากพฤติกรรมการแสดงออกของผู้เรียนในด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และประเมินค่า

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข (2548, น. 125) กล่าวไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

อาทิตยา พูนเรือง (2559, น. 21) กล่าวไว้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์อย่างเป็นระบบในแต่ละบุคคลและสามารถเชื่อมโยงเข้ากับสาระสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานและผลการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สามารถวัดได้โดยเครื่องมือทางจิตวิทยา หรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี หมายถึง ผลที่เกิดจากกระบวนการเรียนการสอนที่จะทำให้นักเรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และสามารถวัดได้โดยการแสดงออก ซึ่งอาจจะวัดจากการทดสอบระหว่างหรือหลังการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยการทดสอบหรือวิธีการอื่นๆ

2.2 ขอบเขตการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 1-2) กล่าวไว้ว่า ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จะต้องกำหนดจุดประสงค์ของการประเมินให้ตรงกับแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ประกอบด้วยการประเมินด้านกระบวนการคิด การจัดการ การประยุกต์ความรู้ การมีคุณธรรม ค่านิยมที่ดี และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ รวมทั้งต้องประเมินให้ครอบคลุมตามเป้าหมายการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 7 ประการ ดังต่อไปนี้

1. เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เข้าใจขอบเขต ธรรมชาติ และข้อจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้นทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
4. เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและการจัดการ ทักษะในการสื่อสารและความสามารถในการตัดสินใจ ผ่านกระบวนการคิดและจินตนาการ
5. เพื่อให้ตระหนักถึงความเกี่ยวข้องกันวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี มนุษย์และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีปฏิสัมพันธ์กัน
6. เพื่อนำความรู้ความเข้าใจในเรื่องวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตในสังคม
7. เพื่อให้เป็นคนมีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

นอกจากนี้ การประเมินผลในชั้นเรียนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้คลอบคลุมเพื่อจะได้นำผลประเมินไปใช้ประโยชน์ใน 3 ด้าน คือ

1. เพื่อวินิจฉัยผู้เรียนด้านความรู้วิทยาศาสตร์ กระบวนการเรียนรู้และความสามารถที่เป็นทักษะสำคัญของชีวิต และนำผลที่ได้จากการวินิจฉัยไปเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับผู้เรียนต่อไป
2. เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนตามสาระการเรียนรู้และตัวชี้วัดหรือตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และนำผลที่ได้จากการตรวจสอบนี้ไปใช้พัฒนาให้ผู้เรียนมีผลการเรียนรู้ที่ดียิ่งขึ้น
3. เพื่อจัดทำข้อมูลสารสนเทศในด้านการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนหรือสถานศึกษาและใช้ข้อมูลตัดสินคุณภาพผู้เรียน ตลอดจนนำเสนอผลการประเมินต่อผู้เรียน ผู้ปกครอง หรือผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการศึกษา เพื่อให้สถานศึกษาได้มีข้อมูลสารสนเทศด้านการจัดการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ไปวางแผนพัฒนาการจัดการศึกษาต่อไป

Bloom (1968 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, น. 97) ได้จำแนกประเภทของวัตถุ ประสงค์ทางการศึกษาไว้ 3 ด้าน คือ ด้านพุทธพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย ซึ่งมีขอบเขตการวัดผลสัมฤทธิ์ ดังนี้

2.2.1 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านพุทธพิสัย

วิชัย วงษ์ใหญ่ และกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2558, น. 54 - 56) อธิบายไว้ว่าการประเมินความสามารถของผู้เรียนจากการเรียนรู้ในเนื้อหาสาระตามที่หลักสูตรกำหนดการแบ่งประเภทของความรู้ที่มีประโยชน์และนำมาใช้มาที่สุดคือการแบ่งตามแนวคิดของ บลูมและคณะ ซึ่งกล่าวถึง ลำดับขั้นตอนของความรู้ที่ใช้ในการเขียนวัตถุประสงค์ เชิงพฤติกรรมด้านความรู้ ดังนี้

1. ความจำ (Knowledge)
2. ความเข้าใจ (Comprehension)
3. การนำไปใช้ (Application)
4. การวิเคราะห์ (Analysis)
5. การสังเคราะห์ (Synthesis)
6. การประเมินค่า (Evaluation)

ในช่วงปี 1990-1999 เดวิด แครทโวทล์ (David Krathwohl) และโลริน แอนเดอร์สัน (Lorin Anderson) ได้รวบรวมนักจิตวิทยา นักทฤษฎีหลักสูตร นักวิจัยทางด้านการเรียนการสอน และผู้เชี่ยวชาญทางด้านวัดและประเมินผล ทำการปรับปรุงจุดมุ่งหมายการศึกษาด้านพุทธิพิสัย ของบลูม ซึ่งผลของการปรับปรุงจุดมุ่งหมายทางการศึกษาด้านพุทธิพิสัย ได้เกิดการปรับเปลี่ยน ในส่วนโครงสร้างและคำศัพท์ใช้เป็นชื่อของกระบวนการทางปัญญา ซึ่งแบบออกเป็น

1. จำ (Remembering)
2. เข้าใจ (Understanding)
3. ประยุกต์ใช้ (Applying)
4. การวิเคราะห์ (Analyzing)
5. ประเมินค่า (Evaluating)
6. คิดสร้างสรรค์ (Creation)

โดยแต่ละขั้นสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. จำ (Remembering) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการจำเรื่องราวต่างๆ ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว เป็นความรู้จากการจำในความจำระยะยาว

2. เข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการเข้าใจความหมายของเรื่องราวต่างๆ โดยการตีความ และแปลความจากสิ่งที่ได้เรียนรู้มาแล้ว

3. ประยุกต์ใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการนำความรู้ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือสถานการณ์ที่แตกต่างจากสถานการณ์เดิม

4. วิเคราะห์ (Analyzing) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการแยกแยะเรื่องราว เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ออกเป็นส่วนย่อยๆ

5. ประเมินค่า (Evaluating) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการตัดสินเรื่องราวต่างๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนด

6. คิดสร้างสรรค์ (Creating) หมายถึง ความสามารถของผู้เรียนในการสร้างแนวคิดและสารสนเทศใหม่จากการใช้ความรู้ที่ได้เรียนรู้มาก่อน

การสร้างข้อสอบ ถ้าวัดพุทธิพิสัยทั้ง 6 ประเภทเหล่านี้ จะมีความครอบคลุมพฤติกรรมด้านต่างๆ หากสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะวัดตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้ซึ่งกำหนดในรูปของจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ครูจะออกข้อสอบตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

2.2.2 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านทักษะพิสัย

เป็นผลสัมฤทธิ์ที่เน้นความชำนาญในการปฏิบัติและดำเนินงาน รวมทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การใช้อุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ ขณะทำการปฏิบัติ ขณะทำการทดลอง หรือปฏิบัติการโครงการใดโครงการหนึ่ง วิธีวัดผู้มีพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย วัดโดยการสังเกตขณะปฏิบัติการทดลอง หรือขณะปฏิบัติงานต่างๆ ที่ได้รับมอบหมาย รวมถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ด้วย

2.2.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย

เป็นผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เน้นความสนใจ ความซาบซึ้ง เจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ เป็นต้น คารินและซัน (Carin and Sund อ้างถึงใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544, น. 114) ได้เสนอวิธีการวัดผู้มีพฤติกรรมด้านเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude) และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ (Attitude towards science subject) ดังตาราง

ตารางที่ 2.3 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านจิตพิสัย

พฤติกรรมด้านจิตพิสัย	**วิธีการวัด**
1. พฤติกรรมที่สังเกตได้ 1.1 ทางวาจา 1.2 ทางภาษา ท่าทาง 2. พฤติกรรมที่สังเกตไม่ได้	1. สังเกตโดยใช้แบบสังเกตทั่วไป 2. วัดด้วยแบบวัดที่เป็นมาตรประมาณ 3. การสัมภาษณ์ 4. การประเมินด้วยแบบประเมินตนเอง 5. รายงานข้อมูลเกี่ยวกับตนเอง

ที่มา: พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, น. 114)

สรุปได้ว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี สามารถวัดพฤติกรรมของผู้เรียนได้ 3 ด้าน คือ ด้านพุทธพิสัย ด้านทักษะพิสัยและด้านจิตพิสัย โดยการใช้เครื่องมือวัดที่แตกต่างกันไปพฤติกรรมที่แสดงออก

2.3 ประเภทและการสร้างเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2.3.1 ประเภทเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557, น. 6-8) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความรู้และทักษะในเนื้อหาสาระที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ไปแล้วหลังจากที่มีการจัดการเรียนการสอนว่าผู้เรียนมีความรู้และทักษะเพิ่มขึ้นมากน้อยเพียงใด รูปแบบของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนมีหลายลักษณะ ได้แก่

1. ข้อสอบแบบถูก-ผิด เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยข้อความหรือประโยคให้ผู้สอบเลือกว่าถูกหรือผิด จริงหรือไม่จริง ใช่หรือไม่ใช่ ข้อสอบแบบถูก-ผิด เป็นข้อสอบที่ใช้ในการวัดข้อเท็จจริง นิยาม คำจำกัดความ หลักการต่างๆ นอกจากนี้ยังใช้ในการวัดข้อความหรือประโยคที่แสดงความสัมพันธ์ในเชิงเหตุและผล เพื่อให้ผู้สอบพิจารณาถึงความสัมพันธ์ว่าจริงหรือไม่จริง

2. ข้อสอบแบบจับคู่ เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 คอลัมน์ คอลัมน์หนึ่งจะประกอบด้วยข้อความ ตัวเลข หรือสัญลักษณ์เพื่อจับคู่กับอีกคอลัมน์หนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยคำประโยคหรือวลี ข้อความในคอลัมน์หนึ่งจะเป็นคำถาม และข้อความในอีกคอลัมน์หนึ่งซึ่งจะเลือกมาตอบเรียกว่า ตัวเลือก วิธีการจับคู่จะต้องอธิบายในคำชี้แจงให้ชัดเจนว่าจะให้จับคู่อย่างไร และตัวเลือกที่เลือกมาจับคู่กับคำถามนั้น เลือกได้ครั้งเดียวหรือเลือกได้มากกว่า 1 ครั้ง

3. ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่มีข้อคำถามให้ผู้เลือกตอบจากตัวเลือกหลายๆ ตัว การเลือกจะต้องพิจารณาถึงข้อความในแต่ละข้อว่า ตัวเลือกใดเป็นตัวเลือกที่ถูก

ที่สุดหรือดีที่สุด ลักษณะของข้อสอบแบบเลือกตอบประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นคำถามจะอยู่ในรูปข้อความที่ไม่สมบูรณ์หรือข้อความที่เป็นคำถาม และส่วนที่เป็นตัวเลือกจะมีตัวเลือกที่ถูกที่สุดหรือดีที่สุด และตัวเลือกอื่นๆ จะเป็นตัวเลือกที่ไม่ถูกต้องหรือที่เรียกว่า ตัวลวง

4. ข้อสอบแบบเติมคำ เป็นข้อสอบที่ให้ผู้สอบเขียนคำสำคัญ วลี หรือตัวเลขลงในช่องว่างที่เว้นไว้ให้ในประโยค และประโยคที่ให้เติมข้อความไม่ควรเว้นให้เติมคำตอบหลายแห่ง ข้อความที่เว้นไว้ให้เติมควรอยู่ท้ายประโยค

5. ข้อสอบแบบตอบสั้นๆ เป็นข้อสอบที่ผู้สอบจะต้องหาคำตอบมาตอบเอง และคำตอบที่กำหนดให้ตอบจะต้องสั้นและเฉพาะเจาะจง การเขียนคำถามไม่ควรคัดลอกข้อความจากในหนังสือ จะทำให้ผู้สอบที่ตอบได้เป็นเพราะจำในหนังสือมาตอบ เพราะฉะนั้นในการเขียนข้อคำถามควรเขียนคำถามใหม่เพื่อให้ผู้ตอบใช้ความเข้าใจในการตอบ

6. ข้อสอบแบบอัตนัย หรือ ข้อสอบแบบความเรียง เป็นข้อสอบที่ให้ผู้ตอบเขียนคำตอบเองจากคำถามที่ถาม ข้อสอบแบบนี้ใช้วัดผลการเรียนรู้ที่ไม่สามารถวัดได้โดยใช้ข้อสอบแบบปรนัยได้ เช่น วัดความสามารถในการอธิบาย การวิเคราะห์ เปรียบเทียบในสิ่งที่เหมือนกันและแตกต่างกัน

สรุปได้ว่า เครื่องมือที่ใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาเคมี แบ่งออกได้หลายประเภท ได้แก่ แบบถูก-ผิด แบบจับคู่ แบบเลือกตอบ แบบเติมคำ แบบตอบสั้นๆ และแบบอัตนัย ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และความเหมาะสมในการนำไปใช้

2.3.2 การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, น. 167) กล่าวถึงข้อตกลงเบื้องต้นในการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน ดังนี้

1. มวลเนื้อเรื่อง หรือทักษะที่เป็นจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน สามารถนำมาระบุได้อย่างชัดเจน (Well defined) ในเชิงพฤติกรรมหรือกลุ่มพฤติกรรม นั่นคือผลลัพธ์อันเป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดกับผู้เรียนนั้นจะต้องสามารถนำไปใช้สื่อความหมายและความสำคัญให้เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปได้

2. แบบทดสอบที่สร้างขึ้นมาต้องมีความตรงตามเนื้อเรื่อง

3. ผู้สอบได้มีโอกาสเรียนรู้ครอบคลุมสิ่งที่แบบสอบมุ่งวัด การวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนจะนำมาแปลผลได้อย่างมีความหมาย เมื่อผู้เรียนมีโอกาสได้เรียนรู้ (Opportunity to learn) ครอบคลุมสิ่งที่แบบสอบมุ่งวัด

สมนึก ภัททิยธนี (2553, น. 175) อธิบายการขั้นตอนการสร้างข้อสอบ ไว้ว่าจะต้องมีการวิเคราะห์หลักสูตร คือ การพิจารณาจุดมุ่งหมายและเนื้อหาสาระของรายวิชาว่าจะให้

นักเรียนเกิดพฤติกรรมอะไร และวัดผลอย่างไร ซึ่งการวิเคราะห์หลักสูตรเพื่อสร้างข้อสอบ มีขั้นตอนดังนี้

1. สรุปจากคำอธิบายรายวิชาให้ได้ว่าแบ่งออกเป็นกี่บทและแต่ละบทมีจุดประสงค์การเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ หรือตัวบ่งชี้อย่างไร ในขั้นนี้ต้องเขียนจุดประสงค์การเรียนรู้ขึ้นมาโดยคำนึงถึงเนื้อหาสาระ มาตรฐานการเรียนรู้ และต้องสัมพันธ์สอดคล้องอย่างมากกับตัวชี้วัด

2. พิจารณาเนื้อหาสาระแต่ละเรื่องและจุดประสงค์การเรียนรู้แต่ละข้อของรายวิชาว่า ในการเรียนการสอนควรจะให้เกิดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยเกี่ยวกับอะไรบ้างมากน้อยเพียงใด ในขั้นนี้กำหนดจำนวนข้อสอบที่จะใช้จริงว่าต้องการกี่ข้อ และจะเขียนข้อสอบเพิ่มเป็นการเผื่อเลือกจำนวนกี่ข้อ ซึ่งควรจะเผื่อไว้ประมาณ 20-50%

3. กำหนดจำนวนข้อสอบในแต่ละบท ว่าจะเขียนข้อสอบวัดพฤติกรรมด้านใดจำนวนกี่ข้อ โดยรวมให้เท่ากับที่กำหนดในขั้นที่ 2 กำหนดเช่นนี้ทุกบทจะได้จำนวนข้อสอบกระจายไปตามชื่อเรื่องและพฤติกรรมอย่างสมเหตุสมผล

4. เขียนข้อสอบให้เป็นไปตามตารางวิเคราะห์หลักสูตร จะช่วยให้ได้ข้อสอบที่มีประสิทธิภาพสูง เพราะเขียนข้อสอบทุกเนื้อเรื่อง และทุกพฤติกรรมที่ต้องการครอบคลุมหลักสูตร

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี (2556, น. 224-225) อธิบายว่า แบบทดสอบชนิดเลือกตอบเป็นที่นิยมใช้กันมาก เพราะสามารถจำแนกระดับความรู้ต่างๆ ได้ โดยเฉพาะถ้าสร้างให้มีมาตรฐาน จะสามารถวัดระดับการเรียนรู้ในขั้นสูงได้ ซึ่งโครงสร้างของแบบทดสอบประเภทเลือกตอบ ประกอบด้วยข้อกระทง 2 ส่วนใหญ่ๆ คือ ส่วนแรกเป็นคำถามนำ ส่วนที่สองเป็นตัวเลือก ข้อกระทงที่เป็นคำถามนำ ประกอบด้วย ส่วนที่เป็นคำถามหลักของแต่ละข้อ ส่วนกระทงที่เป็นตัวเลือก ประกอบด้วยตัวคำตอบ 1 ตัว และที่เหลือเป็นตัวลวง ลักษณะของคำถามอาจจะเป็นคำถามโดยตรงเหมาะสำหรับผู้เรียนที่มีระดับความรู้ต่ำ หรืออาจจะเป็นคำถามแบบข้อความที่ไม่สมบูรณ์ ซึ่งจะสั้น กะทัดรัดกว่า จึงเป็นที่นิยมใช้กันมาก โดยลักษณะของแบบทดสอบแบบเลือกตอบที่ดี มีดังนี้

1. ข้อคำถามที่เป็นส่วนนำ ควรใช้ภาษาที่ชัดเจน กะทัดรัด ได้ใจความและเรื่องที่ถามควรเป็นเรื่องที่สำคัญพียงเรื่องเดียวในแต่ละข้อ

2. ตัวคำถามควรใช้ข้อความในเชิงบวก หลีกเลี่ยงการใช้ข้อความในเชิงปฏิเสธถ้าจำเป็นต้องใช้ควรขีดเส้นใต้หรือเขียนเป็นตัวเน้นคำที่เป็นปฏิเสธเพื่อให้เห็นได้ชัดเจน

3. ข้อกระทงแต่ละข้อควรเป็นอิสระหรือแยกออกจากกัน ไม่ขึ้นกับข้ออื่นๆ ในแบบทดสอบชุดนั้น จะทำให้ผู้ตอบสับสน

4. ถ้าข้อคำถามใดที่ต้องอาศัยกราฟ ตาราง ตัวคำถามแต่ละตัวเลือกจะต้องหาจากข้อมูลหรือมีความเกี่ยวเนื่องกับข้อมูลที่มาจากกราฟหรือตารางประกอบนั้นๆ

5. ตัวเลือกที่ถูก ควรเป็นคำตอบที่ถูกต้องหรือสมบูรณ์ที่สุดเพียงตัวเดียวเท่านั้น

6. คำที่จะให้ความหมายควรให้อยู่ในคำถาม ส่วนคำจำกัดความให้อยู่ในตัวเลือก

7. ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเลือกประเภท ถูกทุกข้อ หรือ ทุกข้อที่กล่าวมาข้างต้น หรือคำตอบถูกไม่ได้ให้ไว้

8. การเขียนคำถาม จะต้องระวังไม่ให้คำตอบของข้อใดข้อหนึ่งมาจากคำถามอีกข้อหนึ่ง

9. ลักษณะของข้อคำถามจะต้องไม่ก่อให้เกิดการชี้แนะคำตอบ

10. การจัดเรียงตำแหน่งตัวเลือกที่ถูกต้องของข้อต่างๆ ควรจะอยู่ในลักษณะสุ่ม

11. ตัวเลือกที่ถูก ควรจะกระจายไปในสัดส่วนที่ไม่แตกต่างกันมากนัก

12. การจัดเรียงข้อกระทงและการดำเนินการจัดพิมพ์ควรให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

13. ข้อคำถามข้อหนึ่งควรจะสิ้นสุดลงในหน้าเดียวกัน ไม่ควรที่จะมีคำถามและตัวเลือกของข้อเดียวกันไปอยู่แยกกันคนละหน้า เพราะจะทำให้ผู้ตอบสับสน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555ก, น. 24-26) ได้สรุปเกี่ยวกับการประเมนผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบไว้ว่า ข้อสอบแบบเลือกตอบ เป็นข้อสอบที่แต่ละข้อคำถามจะกำหนดตัวเลือกมาให้หลายตัวเลือก โดยมีตัวเลือกถูกหรือเป็นคำตอบที่ถูกต้องเพียงหนึ่งตัวเลือก ส่วนตัวเลือกอื่นๆ จะเป็นตัวเลือกที่ผิด โดยข้อสอบแบบเลือกตอบ มีองค์ประกอบหลัก 2 ส่วน คือ คำถามและตัวเลือก แต่ในบางกรณีอาจมีส่วนของสถานการณ์เพิ่มขึ้นมาด้วยเพื่อใช้เป็นข้อสอบที่วัดพฤติกรรมระดับสูง โดยมีลักษณะดังนี้

1. คำถาม ข้อสอบทุกจ้อจะต้องมีคำถามหรือคำสั่งเพื่อให้ผู้สอบได้รู้ว่าต้องทำอะไรเกี่ยวกับข้อสอบ คำถามที่ดีมีลักษณะ ดังนี้

1.1 สอดคล้องกับสถานการณ์

1.2 เขียนด้วยข้อความสั้นๆ แต่สื่อความหมายได้ชัดเจนและเข้าใจตรงกัน

1.3 ใช้คำศัพท์และภาษาที่เข้าใจง่าย ถูกต้อง และเหมาะสมกับระดับผู้เรียน

1.4 ข้อความในคำถามควรเป็นประโยคบอกเล่า แต่ถ้ามีคำปฏิเสธ เช่น “ไม่” จะต้องเน้นคำนั้นด้วยการใช้อักษรตัวหนาหรือตัวขีดเส้นใต้

1.5 คำถามในแต่ละข้อต้องเป็นอิสระต่อกัน และต้องไม่มีข้อความที่ชี้นำคำตอบอยู่ในคำถาม หรือชี้นำคำตอบของข้ออื่น หรือสื่อความไปถึงคำตอบที่ถูกต้องหรือคำตอบที่ผิด

2. ตัวเลือก ตัวเลือกในข้อสอบแบบเลือกตอบแต่ละข้อ ประกอบด้วยตัวเลือกที่ถูกต้องหรือเป็นคำตอบ 1 ตัวเลือก ส่วนตัวเลือกที่เหลืออื่นๆ จะเป็นตัวเลือกที่ผิด ตัวเลือกที่ดีมีลักษณะ ดังนี้

2.1 ข้อความในตัวเลือกทุกตัวควรมีเนื้อความที่สอดคล้องกัน หรืออยู่ในประเด็นเดียวกัน และมีความยาวใกล้เคียงกัน

2.2 การเขียนตัวเลือกต้องไม่วกวน โดยเขียนให้สั้น ได้ใจความ ชัดเจน ใช้คำศัพท์และภาษาที่เข้าใจง่าย ถูกต้อง และเหมาะสมกับระดับผู้เรียน

2.3 ไม่ใช้คำว่า “ถูกทุกข้อ” หรือ “ไม่มีคำตอบที่ถูกต้อง”

2.4 ต้องมีตัวเลือกที่เป็นคำตอบที่ถูกที่สุดเพียงหนึ่งตัวเลือก ส่วนตัวเลือกที่เหลืออื่นๆ ต้องเป็นตัวเลือกที่ผิดทั้งข้อความ ไม่มีระดับของการผิด เช่น ผิดครึ่ง ถูกครึ่ง หรือผิดบางส่วน

3. สถานการณ์ สถานการณ์ที่กำหนดไว้ในข้อสอบจะต้องมีเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับความรู้ในบทเรียน มีความสอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ หรือสอดคล้องกับชี้วัดตามมาตรฐาน การเรียนรู้ ลักษณะของสถานการณ์อาจเป็นข้อความ ตารางข้อมูล แผนภูมิ ภาพ หรือแผนภาพ สถานการณ์ดังกล่าว ได้แก่ สถานการณ์จริงที่เป็นเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน เหตุการณ์ ที่ประชาชนกำลังให้ความสนใจ ปรากฏการณ์ธรรมชาติ หรือสถานการณ์จำลองที่เป็นเรื่องราวสมมติ เป็นต้น

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทุกประเภทจะต้องมีการวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา มีการเขียนวัตถุประสงค์การเรียนรู้สอดคล้องกับตัวชี้วัด/ผลการเรียนรู้ จากนั้นจึงสร้างข้อสอบให้ได้คุณภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนประเภทเลือกตอบ เนื่องจากสามารถใช้วัดผลด้านความรู้เป็นหลัก วัดได้หลายระดับตามการจำแนกระดับความรู้และสามารถออกข้อสอบได้ครอบคลุมเนื้อหาได้

2.4 การหาคุณภาพของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

การหาคุณภาพของแบบทดสอบสามารถหาดัชนีหรือตัวบ่งชี้มายืนยันระดับคุณภาพได้ ได้แก่ ความตรง ความเชื่อมั่น ความยากและอำนาจจำแนก (ไพศาล วรคำ, 2556, น. 265)

2.4.1 ความตรง (Validity)

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2544, น. 117-118) ให้ความหมายและอธิบายความตรงของแบบทดสอบไว้ว่า การที่แบบทดสอบสามารถวัดได้ตรงเรื่องตรงเป้าหมายที่ผู้ออกแบบทดสอบตั้งใจจะวัด ความตรงแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. ความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) หมายถึง การตรวจสอบดูว่าข้อคำถามที่สร้างวัดเนื้อหาเรื่องนั้นหรือไม่ และหมายถึงแบบทดสอบฉบับนั้นวัดครบถ้วนทุกหัวข้อในขอบเขตที่กำหนดวัด

2. ความตรงตามสภาพ (Concurrent validity) หมายถึง ความสอดคล้องสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากการสอบ ซึ่งจะถือเนื้อหาที่ได้รับการยอมรับว่าดีในวิชาวิทยาศาสตร์ เมื่อตอบแบบทดสอบวิชาวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นได้ ก็ควรจะได้คะแนน มากทำนองเดียวกันนักเรียนที่อ่อนวิชาวิทยาศาสตร์ก็ควรได้คะแนนวิทยาศาสตร์น้อย ลักษณะเช่นนี้ถือว่าแบบทดสอบมีความตรงสภาพ ซึ่งถือว่าสภาพของผู้เข้าสอบในขณะนั้นเป็นเกณฑ์ในการตรวจสอบ

3. ความตรงเชิงพยากรณ์ (Predictive validity) หมายถึง ความสอดคล้องสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่สอบด้วยแบบทดสอบฉบับหนึ่ง กับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเมื่อได้เรียนสำเร็จแล้ว กล่าวคือ แบบทดสอบใดมีความตรงเชิงพยากรณ์ แบบทดสอบนั้นจะสามารถทำนายผลการเรียนในอนาคตได้

4. ความตรงเชิงโครงสร้าง (Contract validity) หมายถึง แบบทดสอบสามารถวัดองค์ประกอบต่างๆ ได้ ซึ่งเป็นโครงสร้างของเรื่องนั้น เช่น การใช้ภาษาและการแปลคำศัพท์ เป็นโครงสร้างของทักษะการอ่าน

2.4.2 ความเที่ยง (Reliability)

ไพศาล วรคำ (2556, น. 265) กล่าวว่า ความเชื่อมั่น หรือความเที่ยง หมายถึง ความคงที่ของผลที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือชุดใดชุดหนึ่งในการวัดหลายๆ ครั้ง เป็นคุณสมบัติของแบบวัดที่ให้ผลการวัดคงที่ และแสดงให้เห็นว่าแบบวัดนั้นไม่มีความคลาดเคลื่อนในการวัดเพราะจะวัดกี่ครั้งก็ให้ผลคงที่ ถ้าความเชื่อมั่นสูงความคลาดเคลื่อนในการวัดจะต่ำ ซึ่งกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557, น. 67-76) กล่าวว่า วิธีการวัดความเที่ยงทำได้โดย

1. วิธีการสอบซ้ำ (Test retest) เป็นการนำแบบทดสอบฉบับเดียวกันไปสอบกับกลุ่มผู้สอบเดียวกัน 2 ครั้ง ในช่วงเวลาที่กำหนด โดยช่วงวลาที่เว้นระหว่างการสอบ 2 ครั้ง อาจจะเป็น 7-10 วัน แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าสัมประสัทธิ์สหสัมพันธ์

2. วิธีใช้ฟอร์มเทียบเท่า เป็นวิธีการตรวจสอบความเที่ยงโดยการนำแบบทดสอบ 2 ฉบับที่มีลักษระเหมือนกัน คือ วัดตัวแปรเดียวกัน มีจำนวนข้อคำถาม โครงสร้างของข้อคำถาม ระดับความยากของข้อคำถาม คำชี้แจง การตรวจให้คะแนนและการแปลความหมายไปให้ผู้สอบกลุ่มเดียวกันทำ

3. วิธีแบบแบ่งคู่ฉบับ (Split half) เป็นวิธีการที่นำเครื่องมือวิจัยมาแบ่งออกเป็น 2 ฉบับ วิธีที่นิยมใช้คือแบ่งข้อคำถามของเครื่องมือวิจัยออกเป็นข้อคำถามประกอบด้วย

ข้อคี่และข้อคำถามที่ประกอบด้วยข้อคู่ และนำมาหาความเที่ยงโดยนำคะแนนที่ได้มาหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์โดยใช้สูตรของเพียร์สัน

4. วิธีแบบคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardsom) เป็นวิธีการที่คูเดอร์และริชาร์ดสัน พัฒนาขึ้น คือสูตร KR-20 ใช้ในกรณีที่มีการตรวจให้คะแนนเป็นแบบ 0 กับ 1 ต่อมาคูเดอร์และริชาร์ดสัน ได้พัฒนาสูตรขึ้นมาใหม่อีกสูตรหนึ่งเป็นสูตรที่ 21 (KR-21) โดยมีข้อตกลงว่าทุกข้อคำถามจะต้องมีความยากเท่ากัน

5. วิธีหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (Coefficent) เป็นวิธีการที่ครอนบาคพัฒนาขึ้น เป็นวิธีการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาความเที่ยง ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่ให้คะแนนแบบตอบถูกให้ 1 คะแนน และตอบผิดให้ 0 คะแนน ซึ่งค่าที่ได้จากการใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาจะเท่ากับการหาโดยสูตร KR-20

6. วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน เป็นวิธีการหาความเที่ยงของเครื่องมือที่พัฒนาขึ้นโดยฮอยท์ ซึ่งความแปรปรวนทั้งหมดของคะแนนจะประกอบด้วยความแตกต่างระหว่างบุคคล ความแตกต่างระหว่างข้อ แบะความแตกต่างเนื่องจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างบุคคลและข้อ ซึ่งการหาความเที่ยงนี้ใช้กับเครื่องมือที่ให้คะแนนแบบ 0 กับ 1 และแบบสอบถามชนิด มาตรประมาณค่า แบบวัดเจตคติ แบบทดสอบชนิดความเรียงหรืออัตนัย เป็นต้น

2.4.3 ความยาก

ไพศาล วรคำ (2556, น. 265) กล่าวว่า ความยาก (Difficulty) เป็นคุณลักษณะประจำตัวของข้อสอบแต่ละข้อที่บ่งบอกถึงโอกาสที่กลุ่มตัวอย่างจะตอบถูกในข้อนั้น ความยากจึงพิจารณาได้จากจำนวนของผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้น ถ้ามีผู้ตอบถูกในข้อนั้นมากแสดงว่าข้อสอบง่าย

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557, น. 58-59) กล่าวว่า ความยากคือสัดส่วนของจำนวนผู้ที่ตอบข้อนั้นถูก เช่น ถ้าข้อสอบข้อหนึ่งมีคนสอบ 100 คน มีคนตอบถูก 60 คน แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นมีค่าความยากเท่ากับ 0.60 ในกรณีที่มีผู้สอบมากจะนำคะแนนของผู้สอบ มาจัดเรียงตามลำดับจากคะแนนสูงสุดไปหาคะแนนต่ำสุด แล้วแบ่งผู้สอบออกเป็นกลุ่มคะแนนสูงและกลุ่มคะแนนต่ำ ด้วยเทคนิค 50% 27% 25% แล้วแต่ความเหมาะสม ซึ่งค่าความยากของข้อสอบมีค่าอยู่ระหว่าง 0.00-1.00 สามารถแปลความหมายได้ดังนี้

ตารางที่ 2.4 การแปลผลค่าความยาก

ค่าความยาก	**การแปลความหมาย**

0.80 ถึง 1.00	เป็นข้อที่สอบที่ง่ายมาก
0.61 ถึง 0.80	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างง่าย
0.41 ถึง 0.60	เป็นข้อสอบที่ยากพอเหมาะ
0.21 ถึง 0.40	เป็นข้อสอบที่ค่อนข้างยาก
0.00 ถึง 0.20	เป็นข้อสอบที่ยากมาก

ที่มา: กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557, น. 59)

2.4.4 อำนาจจำแนก

สมนึก ภัททิยธนี (2553, น. 194) กล่าวไว้ว่า อำนาจจำแนกของข้อสอบหมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่สามารถจำแนกคนเก่งและคนไม่เก่งออกจากกัน หรือกล่าวได้ว่าคนเก่งตอบข้อนั้นถูก ส่วนคงไม่เก่งตอบข้อนั้นไม่ถูก ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง 1.00 สามารถแปลความหมายได้ดังนี้

ตารางที่ 2.5 การแปลผลค่าอำนาจจำแนก

ค่าความยาก	**การแปลความหมาย**
0.40 และสูงกว่า	เป็นข้อสอบที่ดีมา
0.30 ถึง 0.39	เป็นข้อสอบที่ดี
0.20 ถึง 0.29	เป็นข้อสอบที่อยู่ในระดับพอใช้
ต่ำกว่า 0.19	เป็นข้อสอบที่ไม่ดี ควรแก้ไขใหม่

ที่มา: กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล (2557, น. 60)

โดยสรุป การสร้างแบบวัดผลสัมฤทธิ์ในรูปแบบเลือกตอบ ต้องสร้างให้ถูกต้องตามหลักการและผ่านการหาระดับคุณภาพ คือ ความเที่ยงตรง ความเชื่อมั่น (ความเที่ยง) ความยาก และอำนาจจำแนก เพื่อให้ได้แบบทดสอบซึ่งเป็นเครื่องมือวิจัยที่มีประสิทธิภาพ

3. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ทอร์แรนซ์ (Torrance, 1963) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่บุคคลไวต่อปัญหา ข้อบกพร่อง ช่องว่างด้านความรู้ หรือสิ่งที่ไม่ประสานกัน ไวต่อการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาแบะทดสอบสมมติฐานซ้ำ จนสามารถนำผลไปแสดงแก่ผู้อื่นได้

กิลฟอร์ด (Guilford, 1971) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ไว้ว่า เป็นความสามารถทางสมองที่สามารถจะคิดได้หลายทิศทาง ประกอบด้วยการคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่มที่เป็นของตนเองโดยเฉพาะ

อารี พันธ์มณี (2537, น. 25) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดในลักษณะ อเนกนัย นำไปสู่การพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการดัดแปลง ปรุงแต่งจากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่างๆ ตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎีหลักการได้สำเร็จ

ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์ (2546, น. 7) กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถของสมองที่คิดได้กว้างหลายแง่มุม เรียกว่า ความคิดแบบอเนกนัย ทำให้เกิดความคิดแปลกใหม่แตกต่างไปจากเดิม เป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ รอบตัว เกิดการเรียนรู้ เข้าใจ จนเกิดปฏิกิริยาตอบสนองให้เกิดความคิดเชิงจินตนาการ อันจะนำไปสู่การประดิษฐ์หรือคิดค้นสิ่งแปลกใหม่

วีระ สุดสังข์ (2550, น. 49) กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดและจินตนาการที่ค้นพบสิ่งใหม่ทั้งที่เป็นความคิด ทฤษฎี ปรัชญา หลักการอันเป็นนวัตกรรมที่นำไปสู่การผลิตหรือสร้างสิ่งใหม่ๆ ออกมา และก่อให้เกิดประโยชน์ต่อมนุษย์ทั้งในระดับจุลภาคและมหัพภาค

สุวิทย์ มูลคำ (2550, น. 9) กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ กระบวนการทางปัญญา ที่สามารถขยายขอบเขตความคิดที่มีอยู่เดิมสู่ความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดเดิมและเป็นความคิดที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555 ข, น. 108-109) กล่าวไว้ว่า การคิดสร้างสรรค์ เป็นการคิดระดับสูง (higher-order thinking) เป็นความสามารถในการคิดที่มีการสร้างหรือขยายแนวคิดที่มีอยู่เดิม หรือสร้างแนวคิดใหม่ที่แตกต่างจากเดิม เพื่อปรับปรุงพัฒนาหรือคิดค้นองค์ความรู้หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ๆ ที่มีคุณค่าและเป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ทักษะการคิดนี้ต้องอาศัยความรู้พื้นฐาน จินตนาการ และใช้วิธีการแก้ปัญหาในทางสร้างสรรค์

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา (2558, น. 119) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ ไว้ว่า การคิดประเภทหนึ่ง เป็นการคิดนอกกรอบความคิดเดิมที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้ได้ความคิดใหม่ ความคิดริเริ่มหรือความคิดต้นแบบ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ดี

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2558, น. 95) สรุปไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดที่มีองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องหลายด้าน คือ การคิดคล่อง การคิดหยืดหยุ่น คิดหลายแง่มุม คิดละเอียดลออ และการคิดเหมาะสม ผลผลิตจากการคิดสร้างสรรค์นี้จึงเป็นสิ่งใหม่ที่ให้ประโยชน์สำหรับบุคคลหรือส่วนรวม

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2559, น. 6) ให้ความหมายของ ความคิดสร้างสรรค์ ไว้ว่า เป็นความคิดเชิงบวกที่มีความเกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา การคิดหลายแง่มุม คิดนอกกรอบอย่างที่ไม่เคยคิดมาก่อน โดยมีการเชื่อมโยงความคิดหรือความสัมพันธ์ระหว่างความคิดตั้งแต่สองสิ่งเข้าด้วยกัน เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาหรือสร้างสิ่งใหม่ที่อาจเป็นสิ่งประดิษฐ์ ทฤษฎี หลักการ อันเป็นสิ่งที่มีคุณค่านำไปใช้ประโยชน์ได้

ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2559, น. 82) กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นพฤติกรรมการคิด อย่างมีจุดมุ่งหมายโดยการหาความสัมพันธ์ทางความคิด เพื่อนำไปสู่ความคิดใหม่ สิ่งประดิษฐ์ใหม่ เกิดผลงานใหม่ หรือมีแนวทางการแก้ปัญหาแบบใหม่ที่ได้รับการยอมรับ

สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิด ซึ่งทำให้บุคคลมีความสามารถในการคิดได้หลากหลายและแปลกใหม่จากเดิม นำไปสู่การคิดค้นและสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่แปลกใหม่หรือรูปแบบความคิดใหม่

3.2 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2539, น. 157) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า คุณลักษณะที่พึงประสงค์ของบุคคล อันเป็นผลมาจากการบ่มเพาะความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไป ใช้ความคิดสร้างสรรค์โดยทั่วไปเป็นเชื้อและปรุงแต่ด้วยสมรรถวิสัยทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (scientific and technology literacy) จนเป็นผลให้บุคคลสามารถคิดและสร้างผลงานที่มีคุณประโยชน์ต่อสังคมและมนุษยชาติได้ในที่สุด

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2559, น. 9) กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตที่ได้ต้องแสดงออกถึงความคิดริเริ่มในการพัฒนา ความมีประโยชน์ มีความคุณค่า

ปิยมาศ เจริญชัย (2558, น. 44) สรุปความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า เป็นความสามารถในการคิดแบบอเนกนัย เพื่อแก้ปัญหาต่างๆ โดยอาศัยความรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จนทำให้ได้ผลลัพธ์ที่แปลกใหม่

ประจักษ์ ปฏิทัศน์ (2559, น. 85) กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ในทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดเพื่อแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science methods) ที่ตั้งอยู่บนพื้นฐานของข้อมูลเชิงประจักษ์

สรุปได้ว่าความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถของบุคคลในการคิดแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร โดยมีความรู้เกี่ยวกับหลักการ และทักษะทางวิทยาศาสตร์ ส่งผลให้สามารถคิดและสร้างสรรค์ผลงานใหม่ๆ ได้

3.3 องค์ประกอบและลักษณะของความคิดสร้างสรรค์

สุวิทย์ มูลคำ (2550, น. 19-20) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์จากโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford) ประกอบด้วย

1. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดตอบสนองต่อสิ่งเร้าให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ หรือความสามารถในการคิดหาคำตอบที่เด่นชัดและตรงประเด็นมากที่สุด ซึ่งจะนับปริมาณความคิดที่ไม่ซ้ำกัน คือมองในแง่ผลงาน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในการปรับสภาพของความคิดในสถาการณ์ต่างๆ ได้ เน้นในเรื่องของปริมาณที่เป็นประเภทใหญ่ๆ ของความคิดแบบคล่องแคล่ว เป็นตัวเสริมและเพิ่มคุณภาพของความคิดคล่องแคล่วให้มากขึ้นด้วยการจัดเป็นหมวดหมู่และมีหลักเกณฑ์ยิ่งขึ้น

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถคิดแปลกใหม่แตกต่างจากความคิดธรรมดาหรือความคิดง่ายๆ ความคิดริเริ่มอาจจะเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลงและประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่เกิดขึ้น

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นรายละเอียดในสิ่งที่คนอื่นมองไม่เห็น และยังรวมถึงการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งต่างๆ อย่างมีความหมาย

สอดคล้องกับ นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2559, น. 8-12) ได้อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบที่สำคัญของความคิดสร้างสรรค์ สรุปได้ดังนี้

1. ความคิดคล่องแคล่ว หมายถึง ความสามารถในการคิดให้ได้ปริมาณคำตอบ/ความคิดที่ไปซ้ำกันเรื่องเดียวกัน แบ่งออกเป็น

1.1 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านถ้อยคำ เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำได้อย่างคล่องแคล่ว

1.2 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการโยงสัมพันธ์ เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำที่เหมือนกันหรือเป็นพวกเดียวกันให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

1.3 ความคิดคล่องแคล่วทางด้านการแสดงออก เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค โดยสามารถนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการเร็วที่สุด

1.4 ความคิดคล่องแคล่วในการคิดสิ่งที่ต้องการให้ได้มากที่สุดภายในเวลาที่กำหนด

2. ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ประเภทหรือแบบของความคิด แบ่งเป็น 2 แบบ

2.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที เป็นความสามารถที่จะพยายามคิด ให้ได้หลายประเภทอย่างอิสระ

2.2 ความคิดยืดหยุ่นทางด้านการดัดแปลง เป็นวิธีคิดที่มีประโยชน์ในการแก้ปัญหา คนที่มีความคิดหยืดหยุ่นจะคิดได้ไม่ซ้ำคำตอบ ซึ่งเป็นตัวเสริมให้ความคิดคล่องแคล่วแตกต่างออกไป นับเป็นพื้นฐานที่นำไปสู่ความคิดสร้างสรรค์หลายหมวดหมู่ หลายประเภท เป็นแนวทางให้บุคคลสามารถหาทางเลือกได้หลายทาง

3. ความคิดริเริ่ม หมายถึงความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากความคิดธรรมดาหรือแตกต่างไปจากคนอื่น เป็นความคิดที่มีประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่ม เป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรกที่มีความแปลกจากความคิดเดิมและอาจไม่มีใครนึกถึงมาก่อน คนที่จะคิดริเริ่มได้ต้องมีลักษณะกล้าคิด กล้าลองและจำเป็นต้องมีจินตนาการด้วย

4. ความคิดละเอียดลออ หมายถึง ความคิดเกี่ยวกับรายละเอียดที่ใช้ในการตกแต่งหรือแสดงรายละเอียดของสิ่งที่จำเป็นต้องมีในผลงาน เพื่อทำให้ความคิดริเริ่มสมบูรณ์ยิ่งขึ้น เพื่อให้ได้ความคิดสร้างสรรค์ที่ไม่เพียงแต่ประกอบด้วยสิ่งแปลกใหม่เท่านั้น แต่ต้องมีความสำเร็จอย่างสร้างสรรค์อยู่ด้วย ความสามารถบอกให้รายละเอียดของสิ่งที่คิดได้จะให้สิ่งที่คิดสร้างสรรค์ มานั้นทำได้สำเร็จและเป็นความจริง

กล่าวโดยสรุป ความคิดสร้างสรรค์เป็นกระบวนการคิดที่เกิดจากการผสมผสานองค์ประกอบย่อยๆ ที่สำคัญ ได้แก่ คิดคล่องแคล่ว คิดหยืดหยุ่น คิดริเริ่มและคิดละเอียดลออ ซึ่งช่วยให้บุคคลสร้างสรรค์ผลงาน สิ่งประดิษฐ์ กระบวนการและวิธีการต่างๆ ที่แตกต่างไปจากเดิม ทำให้เกิดการพัฒนาในด้านต่างๆ

3.4 การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3.4.1 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

กรมวิชาการ (2539, อ้างถึงใน อับดุลยามีน หะยีขาเดร์, 2560, น. 50) กล่าวไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณภาพของสมองที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่แฝงอยู่ภายในตัวบุคคล เช่นเดียวกับความคิดด้านอื่นๆ แต่ก็สามารถทำการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยใช้การใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบชนิดอื่นๆ แบบวัดสติปัญญานั้นเป็นการวัดเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหา ดังนั้นจึงมีคำตอบที่ถูกหรือผิดสำหรับปัญหาแต่ละข้อ แต่แบบวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นเกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาคำตอบที่แปลกไม่ซ้ำแบบใครและมีคุณค่าให้ได้หลายๆ คำตอบหรือสามารถคิดได้หลายๆ ทาง ดังนั้นสำหรับข้อคำถามแต่ละข้อคำตอบที่เป็นไปได้จึงอาจมีหลายอย่าง การสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์จึงค่อนข้างยาก นอกจากนี้เกณฑ์การให้คะแนนก็ค่อนข้างยากเช่นกัน

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2541 อ้างถึงในปิยมาศ เจริญชัย 2558, น. 48-51) อธิบายไว้ว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย สร้างขึ้นครั้งแรกเป็นแบบทดสอบประเภทกำหนดสถานการณ์ตามแนวทางของทอร์แรนซ์ ฉบับทดสอบภาษาเขียน

อารี พันธ์มณี (2557, น. 229-240) กล่าวว่า การวัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบทดสอบ หมายถึง การให้เด็กทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐาน ซึ่งเป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ มีทั้งใช้ภาษาและใช้ภาพเป็นสื่อ เพื่อเร้าให้เด็กแสดงออกเชิงสร้างสรรค์ ซึ่งแบบทดสอบที่นิยมใช้ ได้แก่ แบบทดสอบของกิลฟอร์ด และแบบทดสอบของทอร์แรนซ์

วัชรา เล่าเรียนดี และคณะ (2560, น. 53) กล่าวไว้ว่า การวัดและประเมินทักษะหรือความสามารถในการสร้างสรรค์ ทักษะการคิดสูงสุดของบลูม (Bloom Taxonomy) จะประเมินความสามารถในการทำสิ่งต่างๆ ส่วนต่างๆ ที่มีความแตกต่างกันมารวมกัน หรือมาสร้างสิ่งใหม่ด้วยวิธีการใหม่ๆ หรือจัดการกับสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่ให้เป็นสิ่งใหม่ สำหรับบลูม (Bloom Taxonomy) ปรับปรุงใหม่ ความสร้างสรรค์และการคิดสร้างสรรค์ โดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย การริเริ่ม การคิดโดยละเอียด การมีความยืดหยุ่นในการคิดและความคิดวิเคราะห์ในระดับคิดได้มากมายและหลายแนวทางหลายมิติ และนำแนวคิดเหล่านี้มาสร้างสรรค์เรื่องใหม่ สิ่งแปลกใหม่จากเดิม

สรุปได้ว่า แบบวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นการวัดความคิดสร้างสรรค์เป็นการวัดความสามารถด้านการคิดขั้นสูง เกี่ยวกับการหาคำตอบที่แตกต่างและไม่ซ้ำแบบใครหรือสามารถคิดได้หลายๆ ทาง

3.4.2 หลักการและขั้นตอนการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของบุคคล ผู้สร้างเครื่องมือจะต้องมีความรู้ในแนวคิดหรือทฤษฎีเกี่ยวกับการคิดสร้างสรรค์ เพื่อนำมาเป็นกรอบหรือโครงสร้างของการคิด เมื่อกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของโครงสร้างหรือองค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์แล้วจะทำให้ได้ตัวชี้วัดหรือลักษณะพฤติกรรมเฉพาะที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถบ่งชี้ถึงโครงสร้าง หรือองค์ประกอบเฉพาะของพฤติกรรมแต่ละองค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์นั้น ซึ่งทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2559, น. 10-11) ได้กล่าวถึงการพัฒนาแบบทดสอบความสามารถทางการคิดสร้างสรรค์ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ ซึ่งจะต้องพิจารณาจุดมุ่งหมายของการนำแบบทดสอบไปใช้ว่าต้องการใช้วัดความสามารถทางการคิดสร้างสรรค์แบบทั่วๆ ไป หรือ

ต้องการวัดความสามารถทางการคิดสร้างสรรค์เฉพาะรายวิชา เช่น การคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น

2. กำหนดกรอบของการทดสอบและนิยามเชิงปฏิบัติการของการคิดสร้างสรรค์ โดยการศึกษาเอกสารแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3. สร้างผังข้อสอบ เป็นการกำหนดเค้าโครงของแบบทดสอบว่าต้องการให้ครอบคลุมโครงสร้างหรือองค์ประกอบใดบ้าง และกำหนดว่าแต่ละส่วนมีน้ำหนักความสำคัญมากน้อยเพียงใด

4. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยกำหนดเป็นเกณฑ์การประเมินคุณภาพ (Rubric) เพื่อให้การให้คะแนนทำได้ชัดเจนและมีความหมายมากขึ้น

5. เขียนข้อสอบกำหนดรูปแบบของการเขียนข้อสอบตัวคำถาม ตัวคำตอบ และวิธีการตรวจให้คะแนน จากนั้นลงมือร่างข้อสอบตามผังที่กำหนดไว้จนครบทุกองค์ประกอบ ตรวจสอบความชัดเจนของภาษาที่ใช้โดยผู้เขียนเอง และผู้ตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญในการสร้างข้อสอบเพื่อตรวจสอบคุณภาพด้านความเที่ยงตรงของเนื้อหา

6. นำแบบทดสอบไปทดลองตรวจสอบคุณภาพโดยตรวจคุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อและทั้งฉบับ

7. นำแบบทดสอบไปใช้จริง

ดังนั้นสำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นแบบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อ ซึ่งจะวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้านคือ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยในประเทศ

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ได้ทำการศึกษาการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ มีกลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยัคฆภูมิวิทยาคาร อำเภอพยัคฆภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 102 คน ได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และ

เจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ราวรรณ์ ทิลานันท์ (2558) ได้ทำการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสรรเพชญอัฏฐมาพิทยาคม สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา 41 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 จำนวน 22 คน ใช้เวลาจำนวน 18 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.05 และนักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีคะแนนเฉลี่ย 33.77 คะแนน คะแนนด้านความคิดคล่อง มีคะแนนเฉลี่ย 13.77 คะแนน ด้านความคิดยืดหยุ่น มีคะแนนเฉลี่ย 10.77 คะแนน และด้านความคิดริเริ่ม มีคะแนนเฉลี่ย 9.23 คะแนน ตามลำดับ

เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ (2559) ได้ทำการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เมื่อนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาไปใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปี ที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์สิงหเสนี) จำนวน 42 คน พบว่า ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ E_1/E_2 เท่ากับ 80.72 /71.79 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด และทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด มีทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีอยู่ในระดับดีเยี่ยม และทักษะชีวิตและอาชีพ อยู่ในระดับดีมาก

อาทิตยา พูนเรือง (2559) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง เอนไซม์ ใน 3 หัวข้อ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 คน ที่เลือกตัวอย่างแบบเจาะจงจากโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

ทิพธัญญา ดวงศรี (2560) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษา เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี กลุ่มเป้าหมายเป็นชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมหาวิชานุกูล จำนวน 22 คน จัดการเรียนการสอนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาจำนวน 1 แผน รวม 16 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ที่ระดับร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

นารินทร์ ศิริเวช (2560) ได้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดแก้ปัญหา กลุ่มเป้าหมาย เป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 33 คน ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนบรบือ-วิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา 26 ระยะเวลาการวิจัยรวม 12 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในรายวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_1/E_2) มีค่าเท่ากับ 82.42/81.67 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้รับจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ($\overline{X}$ = 24.67, S.D. = 1.89) เทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 75 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และ ทักษะการคิดแก้ปัญหาหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา ($\overline{X}$ = 32.67, S.D. = 2.41) กับเกณฑ์ร้อยละ 75 มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

อมร เภาสี (2560) ได้ทำการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสร้างความคิดรวบยอด เรื่อง ของแข็ง ของเหลว แก๊ส โดยการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 35 คน โรงเรียนบรบือวิทยาคาร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาการมัธยมศึกษา เขต 26 การเลือกแบบเจาะจง ผลการวิจัยพบว่า ค่าประสิทธิภาพของกระบวนการและประสิทธิภาพของผลลัพธ์ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาที่พัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนพบว่า ค่าประสิทธิภาพ (E_1/E_2) เท่ากับ 80.01/78.09 ซึ่งมีค่าสูงกว่ามาตรฐานที่ตั้งไว้ 75/75 คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยของการสร้างความคิดรวบยอดหลังเรียนสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปราณี นันทะแสน (2560) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 การวิจัยมีความมุ่งหมาย เพื่อศึกษาผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกัน

หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างที่ใช้เป็น นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/7 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2/8 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนเมืองกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 24 จำนวน 2 ห้องเรียน ทั้งหมด 42 คนได้มาโดยการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น (Multistage Random Sampling) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างกัน

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/3 ที่กำลังศึกษาในรายวิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จำนวน 48 คน จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Sample Random Sampling) โดยกำหนดให้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก

น้ำเพชร กะการดี (2560) ทำการวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ (E_1/E_2) ตามเกณฑ์ 75/75 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และ 3) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ระหว่างก่อนและหลังเรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนบรบือ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.93/76.58 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนคุระบุรีชัยพัฒนาพิทยาคม อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 14 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 1 ห้องเรียน รวม 30 คน ใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 24 ชั่วโมง ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมีหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง 2) นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .01 และ 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากที่สุด

4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Scott (2012) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์แบบสะเต็มศึกษากับการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์แบบทั่วไปของโรงเรียนระดับมัธยมศึกษา 10 แห่ง ในสหรัฐอเมริกา โดยทำการศึกษาจากการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และบันทึกผลจากแบบทดสอบมาตรฐานแห่งชาติ การสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่า โรงเรียนที่มีการสอนแบบสะเต็มศึกษา จะมีลักษณะการสอนที่หลากหลายรูปแบบแตกต่างกันออกไป แต่ยังมุ่งเน้นเนื้อหาและการนำไปประยุกต์ใช้ ทำให้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าโรงเรียนที่ไม่ได้สอนแบบสะเต็มศึกษา และพบว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ ได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม

Diana (2012) ได้ทำการศึกษาผลจากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM) โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน ในหัวข้อดาวอังคารในจินตนาการ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (เกรด 3-8) โดยมีขั้นตอนตรวจสอบความรู้พื้นฐาน จินตนาการ ค้นคว้าและสำรวจตรวจสอบบ สร้างโมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนความคิด ผลการวิจัยพบว่า การจัดกิจกรรมแบบบูรณาการส่งผลให้นักเรียนมีการถ่ายโอนความรู้และทักษะการแก้ปัญหา สามารถประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ๆ ได้ และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มขึ้นด้วย

Strimel (2014) ได้ทำการพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาโดยการบูรณาแบบข้ามสาขาวิชา ซึ่งนำประเด็นปัญหา คือ การขุดเจาะแก๊สธรรมชาติ พบว่า กิจกรรมช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในเนื้อหาวิชาที่เกี่ยวข้อง มีการเชื่อมโยงความรู้ กับชีวิตจริง ทำให้

ผู้เรียนเห็นความสำคัญของเนื้อหา สามารถนำไปประยุกต์ใช้แก้ปัญหา ในสถานการณ์ต่างๆ นอกจากนี้ การเรียนผ่านกระบวนการสะเต็มศึกษาช่วยให้ผู้เรียนบูรณาการความรู้ เข้าใจเนื้อหาในเชิงลึก

Mayasari (2016) ได้ทำการศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการสร้างสรรค์ชิ้นงาน “พลังงงานทดแทน (พลังงานจากแสงอาทิตย์)” โดยการวิจัยครั้งนี้ใช้วิธีการวิจัยแบบผสมผสาน (mixed methods) กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ นักเรียนจำนวน 29 คน ที่เรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ โดยประเมินระดับความคิดสร้างสรรค์โดยใช้ 4P ผลการวิจัยพบว่า ชิ้นงานที่ได้จากการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ สามารถส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ และนักเรียนสามารถประยุกต์ความรู้และทักษะเพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง สรุปได้ว่า การสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาสามารถนำมาบูรณาการกับกระบวนการเรียนรู้ทุกรูปได้เป็นอย่างดี ซึ่งครูผู้สอนสามารถนำแนวทางสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนในวิชาที่เกี่ยวข้องต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากรที่ใช้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 6 ห้องเรียน รวม 263 คน ซึ่งจัดห้องเรียนโดยคละความสามารถ

1.2 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โดยการสุ่มแบบกลุ่มเพื่อให้ได้ห้องเรียน จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 78 คน แล้วจับฉลากห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 38 คน และกลุ่มควบคุมจำนวน 40 คน

1.3 แบบแผนการทดลอง การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบกึ่งทดลอง ใช้การเปรียบเทียบกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม (Non-Equivalent Control Group Pretest-Posttest Design) (ไพศาล วรคำ, 2556, น. 143-144)

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ วิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลารวม 18 ชั่วโมง ดังนี้

2.1.1 แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

2.1.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่

2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเคมีอินทรีย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 ชุด สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 30 ข้อ

2.2.2 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 ชุด สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยคู่ขนาน ฉบับละ 4 ข้อ

2.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1) แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

(1) ศึกษาเอกสารหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนปากช่อง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

(2) ศึกษาทฤษฎี ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM Education) และหลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

(3) วิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ การกำหนด และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตรกำหนด

(4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน เวลารวม 18 ชั่วโมง ดังนี้

ก. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ จำนวน 4 ชั่วโมง

ข. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องแอลดีไฮด์และคีโตน จำนวน 3 ชั่วโมง

ค. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรดคาร์บอกซิลิก จำนวน 4 ชั่วโมง

ง. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องเอสเทอร์ จำนวน 4 ชั่วโมง

จ. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องเอมีนและเอไมด์ จำนวน 3 ชั่วโมง

โดยมีกิจกรรมสำคัญในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ดังนี้

ตารางที่ 3.1 องค์ประกอบของสะเต็มศึกษาและกิจกรรมในแผนการจัดการเรียนรู้

เนื้อหา	**ผลิตภัณฑ์ที่กำหนด**	**องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา**	**กิจกรรม**
แอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์	แอลกอฮอล์แข็งอุ่นอาหาร	วิทยาศาสตร์ (S)	- การสังเกตสี กลิ่น ลักษณะ การละลายน้ำ ของแอลกอฮอล์ - หมู่ฟังก์ชัน สูตรโมเลกุล โครงสร้าง การอ่านชื่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ประโยชน์หรือโทษของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์
		เทคโนโลยี (T)	- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับแอลกอฮอล์และฟีนอล - การใช้แอพพลิเคชัน - การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี
		วิศวกรรมศาสตร์ (E)	- กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม - การทดสอบคุณสมบัติ การปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์
		คณิตศาสตร์ (M)	- คำนวณปริมาณสารเคมีและความเข้มข้นที่ใช้ในการทำกิจกรรม
แอลดีไฮด์และคีโตน	ลูกกวาด	วิทยาศาสตร์ (S)	- หมู่ฟังก์ชัน สูตรโมเลกุล โครงสร้าง การอ่านชื่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ประโยชน์หรือโทษของสารประกอบแอลดีไฮด์และคีโตน

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

เนื้อหา	ผลิตภัณฑ์ที่กำหนด	องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา	กิจกรรม
แอลดีไฮด์และคีโตน	ลูกกวาด	เทคโนโลยี (T)	- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับแอลดีไฮด์และคีโตน - การใช้แอพพลิเคชัน - การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี
		วิศวกรรมศาสตร์ (E)	- กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม - การทดสอบคุณสมบัติ การปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์
		คณิตศาสตร์ (M)	- รูปทรงทางเรขาคณิตของชิ้นงาน - คำนวณปริมาณสารเคมีและความเข้มข้นที่ใช้ในการทำกิจกรรม
กรดคาร์บอกซิลิก	น้ำส้มสายชูหมัก	วิทยาศาสตร์ (S)	- หมู่ฟังก์ชัน สูตรโมเลกุล โครงสร้าง การอ่านชื่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ประโยชน์หรือโทษของสารประกอบกรดคาร์บอกซิลิก
		เทคโนโลยี (T)	- สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับกรดคาร์บอกซิลิก - เทคโนโลยีการหมักและผลิตน้ำส้มสายชูหมัก - การใช้แอพพลิเคชัน - การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี
		วิศวกรรมศาสตร์ (E)	- กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม - การทดสอบคุณสมบัติ การปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์
		คณิตศาสตร์ (M)	- คำนวณปริมาณสารเคมีและความเข้มข้นที่ใช้ในการทำกิจกรรม
เอสเทอร์	น้ำหอม	วิทยาศาสตร์ (S)	- หมู่ฟังก์ชัน สูตรโมเลกุล โครงสร้าง การอ่านชื่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ประโยชน์หรือโทษของสารประกอบเอสเทอร์ - ปฏิกิริยาเอสเทอริฟิเคชัน

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

เนื้อหา	ผลิตภัณฑ์ที่กำหนด	องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา	กิจกรรม
		เทคโนโลยี (T)	- เทคโนโลยีการสังเคราะห์เอสเทอร์ - การใช้แอพพลิเคชัน การนำเสนอผลงานโดย VDO
		วิศวกรรมศาสตร์ (E)	- กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม การทดสอบคุณสมบัติ การปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์
		คณิตศาสตร์ (M)	- การใช้สถิติในการเก็บรวบรวมข้อมูลและนำเสนองาน - คำนวณปริมาณสารเคมีและความเข้มข้นที่ใช้ในการทำกิจกรรม
เอมีนและเอไมด์	แผ่นป้ายความรู้เอมีนและเอไมด์	วิทยาศาสตร์ (S)	- หมู่ฟังก์ชัน สูตรโมเลกุล โครงสร้าง การอ่านชื่อสมบัติทางกายภาพและทางเคมี ประโยชน์หรือโทษของสารประกอบเอมีนและเอไมด์
		เทคโนโลยี (T)	- การใช้แอพพลิเคชัน - การทำ QR Code - การเลือกใช้วัสดุ
		วิศวกรรมศาสตร์ (E)	- กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม - การทดสอบคุณสมบัติ การปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์
		คณิตศาสตร์ (M)	- คำนวณราคาวัสดุที่ใช้ - การเก็บข้อมูลและนำเสนองานโดยใช้สถิติ

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข

(6) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณาประเมินคุณภาพด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม ความชัดเจน

ความเป็นไปได้ ในการนำไปใช้และความสอดคล้องขององค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วนำผลการประเมินที่ผู้เชี่ยวชาญประเมินแล้ว มาหาค่าเฉลี่ย พบว่า ทุกแผนการจัดการเรียนรู้มีความเหมาะสมในระดับมาก (ค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 4.18-4.29)

(7) ปรับปรุงแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

ก. ตรวจสอบคำที่พิมพ์ผิด การเว้นวรรค

ข. ปรับจุดประสงค์ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและกิจกรรมตามรูปแบบสะเต็มศึกษาให้ชัดเจน

ค. ปรับสถานการณ์ให้เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันของนักเรียน

ง. ปรับกิจกรรมให้เหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และวางแผนกิจกรรมที่ต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีให้มากขึ้น

จ. ปรับใบความรู้และใบงานตามลำดับความยากง่ายของเนื้อหา

(8) จัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้และนำไปใช้

2) แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

(1) ศึกษาเอกสารหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนปากช่อง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จุดมุ่งหมายของหลักสูตร สาระการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชา มาตรฐาน ผลการเรียนรู้ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

(2) ศึกษาทฤษฎี ทำความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและหลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้

(3) วิเคราะห์เนื้อหาสาระการเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ เพื่อออกแบบและวางแผนในการจัด กิจกรรมการเรียนรู้ การกำหนด และการประเมินผลการเรียนรู้ให้ตรงตามหลักสูตรกำหนด

(4) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ ให้สัมพันธ์กับมาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ จำนวน 5 แผน เวลารวม 18 ชั่วโมง ดังนี้

ก. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ จำนวน 4 ชั่วโมง

ข. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องแอลดีไฮด์และคีโตน จำนวน 3 ชั่วโมง

ค. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องกรดคาร์บอกซิลิก จำนวน 4 ชั่วโมง

ง. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องเอสเทอร์ จำนวน 4 ชั่วโมง

จ. แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องเอมีนและเอไมด์ จำนวน 3 ชั่วโมง

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข

(6) ปรับปรุงแก้ไขแผนการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษา และจัดพิมพ์แผนการจัดการเรียนรู้

2.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเคมีอินทรีย์

(1) ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์จากเอกสารเกี่ยวกับการวัดผลประเมินผล และการสร้างข้อสอบวิทยาศาสตร์

(2) ศึกษาผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้จากหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 รายวิชาเคมี 5 เพื่อวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ และแบ่งการออกข้อสอบตามระดับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย เป็น 4 ด้าน คือ จำ เข้าใจ นำไปใช้ และวิเคราะห์ ตามตารางวิเคราะห์ข้อสอบ ดังนี้

ตารางที่ 3.2 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

เนื้อหา	จำนวนข้อสอบตามระดับพฤติกรรม				จำนวน (ข้อ)
	จำ	เข้าใจ	นำไปใช้	วิเคราะห์	
1. แอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์	1	2	4	1	8
2. แอลดีไฮด์และคีโตน	1	3	3	1	8
3. กรดคาร์บอกซิลิก	2	4	1	1	8
4. เอสเทอร์	1	4	1	2	8
5. เอมีนและเอไมด์	2	3	1	2	8

(3) สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องเคมีอินทรีย์ ให้ตรงกับผลการเรียนรู้ และครอบคลุมสาระการเรียนรู้ จำนวน 2 ฉบับ ซึ่งเป็นข้อสอบคู่ขนานกัน ฉบับละ 40 ข้อ เป็นแบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก แต่ละข้อจะมีตัวเลือก ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องเพียงคำตอบเดียวโดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

(4) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

ก. ตรวจสอบคำที่พิมพ์ผิด

ข. ปรับขนาดและความชัดเจนของภาพโครงสร้างโมเลกุลของสาร

ค. ตรวจสอบเฉลยให้ถูกต้อง

ง. เน้นคำว่า ไม่ ในข้อคำถามที่เป็นปฏิเสธ

(5) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อพิจารณา ตรวจสอบลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด ความถูกต้องด้านเนื้อหาและการใช้ภาษาโดยพิจารณาค่าดัชนีสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้และความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับระดับพฤติกรรม เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข โดยกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนพิจารณา ดังต่อไปนี้

+1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

0 เมื่อ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

-1 เมื่อ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นไม่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และระดับพฤติกรรม

(6) คำนวณหาค่าเฉลี่ยจากการพิจารณาผู้เชี่ยวชาญ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป โดยฉบับที่ 1 ได้ข้อสอบจำนวน 40 ข้อ และฉบับที่ 2 ได้ข้อสอบจำนวน 36 ข้อ

(7) นำแบบทดสอบทั้งสองฉบับ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างและเรียนเนื้อหา เรื่อง เคมีอินทรีย์ มาแล้ว จากนั้นนำกระดาษคำตอบที่นักเรียนตอบมาตรวจให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนด เพื่อหาคุณภาพการวิเคราะห์ค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยจะเลือกข้อสอบที่มีความยากระหว่าง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป ซึ่งข้อสอบชุดก่อนเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.22-0.69 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.21-0.82 และข้อสอบชุดหลังเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.23-0.73 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.36-0.88

(8) คัดเลือกข้อสอบที่ผ่านการหาคุณภาพ ฉบับละ 30 ข้อ ที่ครอบคลุมทุกผลการเรียนรู้และจุดประสงค์การเรียนรู้ และหาค่าความเที่ยง โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์ริชาร์ดสันพบว่า แบบทดสอบชุดก่อนเรียนมีค่าความเที่ยง เท่ากับ .934 และแบบทดสอบชุดหลังเรียนมีค่า ความเที่ยง เท่ากับ .972

(9) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับใช้จริง ตรวจทานความถูกต้อง ก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

(1) ศึกษาเอกสาร ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและการใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ทั้งในและต่างประเทศ การสร้างกรอบความคิดขององค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ เพื่อใช้เป็นแนวการสร้างแบบทดสอบทางวิทยาศาสตร์

(2) สร้างแบบสอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 แบบคู่ขนาน จำนวน 2 ฉบับๆ ละ 4 ข้อ โดยวัด 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration) โดยใช้มีเกณฑ์การให้คะแนนตาม พจมาศ เชื่องช้าง (2552, น. 52-53) ได้แก่

ก. ความคิดคล่อง พิจารณาคำตอบที่เป็นไปได้ตามที่กำหนดไว้ในแบบทดสอบ โดยให้คำตอบที่เป็นไปได้หรือมีความน่าเชื่อถือ คำตอบละ 1 คะแนน ไม่ว่าคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่

ข. ความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความแปลกใหม่ของคำตอบที่นักเรียนตอบ โดยการหาร้อยละของความถี่จากคำตอบทั้งหมดของนักเรียน แล้วนำความถี่คำตอบไปคำนวณหาค่าร้อยละเพื่อเปรียบเทียบและให้คะแนน ดังนี้

คำตอบซ้ำกันร้อยละ 0.01-1.00	ได้ 4	คะแนน
คำตอบซ้ำกันร้อยละ 1.01-3.00	ได้ 3	คะแนน
คำตอบซ้ำกันร้อยละ 3.01-6.00	ได้ 2	คะแนน
คำตอบซ้ำกันร้อยละ 6.01-12.00	ได้ 1	คะแนน
คำตอบซ้ำกันร้อยละ 12.01 ขึ้นไป	ได้ 0	คะแนน

ค. ความคิดยืดหยุ่น พิจารณาโดยการจัดกลุ่มหรือจัดประเภทคำตอบของนักเรียนแต่ละคน โดยให้คะแนนคำตอบกลุ่ม/ประเภทละ 1 คะแนน ไม่ว่ากลุ่ม/ประเภทของคำตอบนั้นจะซ้ำกับผู้อื่นหรือไม่

ง. คิดละเอียดลออ พิจารณาจากคำตอบที่มีลักษณะขยายรายละเอียดความคิด ทำให้ผลงานมีความสมบูรณ์และมีคุณภาพมากขึ้น โดยพิจารณาลักษณะที่จำเป็นพื้นฐานหากมีครบให้ 1 คะแนน ถ้ามีรายละเอียดเพิ่มมากขึ้นจากข้อมูลพื้นฐาน หรือเมื่อเสริมความคิดเดิมและมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เมื่อเทียบกับผลงานที่ซ้ำกัน ให้เพิ่มอีก 1 คะแนน

(3) นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์สำหรับพิจารณาให้คำแนะนำ และให้ข้อเสนอแนะ แล้วปรับปรุงแก้ไข

(4) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความสอดคล้อง ความชัดเจนของคำถาม โดยพิจารณาความสอดคล้องของตัวบ่งชี้

ในกรอบการคิดกับโจทย์และคำสั่งที่ใช้ในแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยกำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนพิจารณา ดังต่อไปนี้

+1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ

0 เมื่อไม่แน่ใจว่าข้อคำถามสอดคล้องกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ

-1 เมื่อแน่ใจว่าข้อคำถามไม่สอดคล้องกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามองค์ประกอบ

(5) คำนวณหาค่าเฉลี่ยจากการพิจารณาผู้เชี่ยวชาญ โดยคัดเลือกข้อสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ได้ข้อสอบชุดละ 4 ข้อ

(6) นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแล้ว ไปทำการทดลองสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก โดยใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ ซึ่งจะเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20–0.80 และมีค่าอำนาจจำแนก 0.20 ขึ้นไป ได้ข้อสอบชุดละ 4 ข้อ ซึ่งข้อสอบชุดก่อนเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38-0.48 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.34-0.63 และข้อสอบชุดหลังเรียนมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.32-0.46 ค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.43-0.53

(7) คำนวณค่าความเที่ยงโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบาค พบว่า แบบทดสอบชุดก่อนเรียนมีค่าความเที่ยง เท่ากับ .720 และแบบทดสอบชุดหลังเรียนมีค่า ความเที่ยง เท่ากับ .715

(8) จัดพิมพ์แบบทดสอบฉบับใช้จริง ตรวจทานความถูกต้อง ก่อนนำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งมีขั้นตอนในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

3.1 ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนกลุ่มทดลองทราบเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อให้นักเรียนทุกคนรับทราบและปฏิบัติตนได้ถูกต้อง

3.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชุดก่อนเรียนซึ่งเป็นข้อสอบคู่ขนานกับข้อสอบชุดหลังเรียน ไปทดสอบกับนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองสอน ตรวจและบันทึกคะแนน

3.3 ทำการวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนของนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน พบว่า นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียนไม่แตกต่างกัน

3.4 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3.5 เมื่อทำการสอนเสร็จตามแผนการจัดการเรียนรู้ จึงทำการทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดหลังเรียน ตรวจและบันทึกคะแนน

3.6 นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่เรียนด้วยการสอนปกติ มาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้

4.1 สถิติที่พื้นฐาน ได้แก่

4.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean)

4.1.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

4.2 สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่

4.2.1 ความตรง (Validity: IOC) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์การเรียนรู้

$\sum R$ แทน ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

N แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

4.2.2 ความยาก (Difficulty: p) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

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

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ
R แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกในข้อนั้น
N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบในข้อนั้น

4.2.3 อำนาจจำแนก (Discrimination: r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนใช้สูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556)

$$r = \frac{R_U - R_L}{N}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนกรายข้อ
R_U แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มสูง
R_L แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบถูกข้อนั้นในกลุ่มต่ำ
N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมดที่ทำข้อสอบในข้อนั้น

4.2.4 ความเที่ยง (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของ คูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder Richardson) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 74)

$$r_{tt} = \left[\frac{k}{k-1}\right]\left[1 - \frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเที่ยง
k แทน จำนวนข้อคำถาม
S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในเครื่องมือวิจัย
p แทน สัดส่วนของผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ
q แทน สัดส่วนของผู้ตอบผิดในแต่ละข้อ

4.2.5 *ความเที่ยง (Reliability)* ของแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α) ของครอนบาค (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 72)

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

เมื่อ α แทน ค่าความเที่ยง

k แทน จำนวนข้อคำถาม

S_i แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนในคำถามข้อที่ i

S_t แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนทั้งหมด

4.2.6 ความยาก (Difficulty: p) ของแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whiney and Saber) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 61)

$$P = \frac{\sum_H + \sum_L - (2N\ Score_{min})}{2N\ (Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของข้อสอบแต่ละข้อ

$\sum_H$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

$\sum_L$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4.2.7 อำนาจจำแนก (Discrimination: r) ของแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้สูตรของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whiney and Saber) (กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล, 2557, น. 61)

$$r = \frac{\sum_H - \sum_L}{N\ (Score_{max} - Score_{min})}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

$\sum_H$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง

$\sum_L$ แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ

N แทน 25% ของจำนวนผู้สอบ

$Score_{max}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนสูงสุด

$Score_{min}$ แทน คะแนนของผู้สอบได้คะแนนต่ำสุด

4.3 สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน ได้แก่

4.3.1 การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test dependent)

(ไพศาล วรคำ, 2556, น. 349-350)

$$t = \frac{\bar{d}}{S_d / \sqrt{n}}; \quad df = n - 1$$

เมื่อ t แทน สถิติทดสอบที

$\bar{d}$ แทน ผลต่างเฉลี่ยของคู่คะแนน

S_d แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลต่างคู่คะแนน

n แทน จำนวนคู่คะแนน หรือขนาดกลุ่มตัวอย่าง

4.3.2 การทดสอบค่าที กลุ่มตัวอย่างเป็นอิสระต่อกัน (t-test independent)

(ไพศาล วรคำ, 2556, น. 351)

1) กรณีที่มีความแปรปรวนเท่ากัน (Equal variances assumed) มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{S_p\sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

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

2) กรณีที่มีความแปรปรวนไม่เท่ากัน (Equal variances not assumed) มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad \text{โดย} \quad df = \frac{\left[\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right]^2}{\frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1}\right)}{n_1 - 1} + \frac{\left(\frac{S_2^2}{n_2}\right)}{n_2 - 1}}$$

เมื่อ $\overline{X_1}$, $\overline{X_2}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

S_1^2, S_2^2 แทน ความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

n_1, n_2 แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง เคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับ โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ตามวัตถุประสงค์การวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

ตอนที่ 2 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนดังกล่าว ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

ตอนที่ 3 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

ผู้วิจัยได้นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบอิสระต่อกัน ปรากฏผลดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	N	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig.
รูปแบบสะเต็มศึกษา	38	13.55	3.31	1.598	.114
รูปแบบการสอนปกติ	40	12.33	3.46		

จากตารางที่ 4.1 พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง เคมีอินทรีย์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติไม่แตกต่างกัน

ตอนที่ 2 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

ผู้วิจัยได้นำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบอิสระต่อกัน ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

การจัดการเรียนรู้	N	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig.
รูปแบบสะเต็มศึกษา	38	42.42	11.05	4.859*	.000
รูปแบบการสอนปกติ	40	26.33	17.62		

*p < .05

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

ผู้วิจัยได้นำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ปรากฏผลดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.3 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

การจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา	N	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	38	25.68	12.35	6.226*	.000
หลังเรียน	38	42.42	11.05		

*p < .05

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

นอกจากนี้ เมื่อนำคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียนแยกตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ คิดคล่อง คิดยืดหยุ่น คิดริเริ่มและคิดละเอียดลออ มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างโดยใช้การทดสอบค่าทีแบบไม่เป็นอิสระต่อกัน ปรากฏผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดคล่อง (Fluency) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

ความคิดคล่อง	N	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	38	10.05	5.48	4.839 *	.000
หลังเรียน	38	16.03	7.04		

*p < .05

จากตารางที่ 4.4 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดคล่องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.5 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

ความคิดยืดหยุ่น	N	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	38	2.26	1.37	12.962*	.000
หลังเรียน	38	9.21	2.84		

*p < .05

จากตารางที่ 4.5 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดยืดหยุ่นหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.6 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่ม (Originality) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

ความคิดริเริ่ม	N	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	38	9.79	4.33	2.060*	.046
หลังเรียน	38	11.26	2.20		

*p < .05

จากตารางที่ 4.6 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดริเริ่มหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตารางที่ 4.7 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดละเอียดละออ (Elaboration) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

ความคิดละเอียดละออ	N	$\overline{X}$	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	38	3.58	3.58	3.112*	.004
หลังเรียน	38	5.92	2.63		

*p < .05

จากตารางที่ 4.7 พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ด้านความคิดละเอียดละออ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากการวิจัย เรื่องผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ สามารถสรุปผลและอภิปรายผลการวิจัยได้ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.1.1 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

1.1.2 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

1.1.3 เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน

1.2 สมมติฐานการวิจัย

1.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน ของนักเรียน ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

1.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

1.2.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05

1.3 วิธีการดำเนินการวิจัย

1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1) ประชากรที่ใช้ในครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 แผนการเรียน

วิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 6 ห้องเรียน รวม 263 คน ซึ่งมีการจัดชั้นเรียนโดยคละความสามารถ

2) นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ 2 ห้องเรียน โดยการสุ่มแบบกลุ่ม เพื่อให้ได้ห้องเรียน จำนวน 2 ห้องเรียน รวม 78 คน แล้วจับฉลากห้องเรียนเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1.4 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.4.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ จำนวน 5 แผนการจัดการเรียนรู้ เวลารวม 18 ชั่วโมง

1.4.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเคมีอินทรีย์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 ชุด สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ฉบับละ 30 ข้อ

1.4.3 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวน 2 ชุด สำหรับทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งเป็นแบบทดสอบอัตนัยคู่ขนาน ฉบับละ 4 ข้อ

1.5 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนด้วยตนเอง มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1.5.1 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ชุดก่อนเรียนไปทดสอบกับนักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนการทดลองสอน ตรวจและบันทึกคะแนน

1.5.2 ดำเนินการสอนนักเรียนกลุ่มทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา และนักเรียนกลุ่มควบคุมตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

1.5.3 เมื่อทำการสอนเสร็จตามแผนการจัดการเรียนรู้ จึงทำการทดสอบหลังเรียนโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดหลังเรียน ตรวจและบันทึกคะแนน

1.5.4 นำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดความความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มาวิเคราะห์เปรียบเทียบ

1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

1.6.1 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าสถิติ ที (t-test for Independent Samples)

1.6.2 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ค่าสถิติ ที (t-test for Independent Samples)

1.6.3 เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เป็นกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้ค่าสถิติ ที (t-test for dependent Samples)

1.7 ผลการวิจัย

1.7.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

1.7.2 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน ข้อที่ 2

1.7.3 ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

2. อภิปรายผล

จากการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ผู้วิจัยได้แยกการอภิปรายผลตามสมมติฐานการวิจัยเป็นประเด็นต่างๆ ดังนี้

2.1 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาและนักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบปกติไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษามีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยสูงกว่าโดยนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษามีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย 13.55 คะแนนส่วนนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติมีคะแนนหลังเรียนเฉลี่ย 12.33 คะแนน ทั้งนี้อาจเป็นเพราะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นการเรียนรู้บนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อศึกษาและสืบค้นข้อมูลในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดขึ้น โดยเป็นการบูรณาการองค์ความรู้และทักษะกระบวนของ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ทำให้นักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและสถานการณ์ต่างๆ ที่ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาช่วยส่งเสริมให้

นักเรียนได้เรียนรู้การทำงานเป็นกลุ่ม ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตัวนักเรียนเอง กระบวนการคิดแก้ปัญหา คิดวิเคราะห์ปัญหาต่างๆ และที่สำคัญผู้เรียนได้ ลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนเรียนแล้วมีความสุข รู้จักการบูรณาการข้ามวิชาหรือสาขาวิชาต่างๆ ได้ เน้นการนำความรู้ไปใช้ ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้นผ่านการปฏิบัติจริง โดยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดตั้งคำถาม แก้ปัญหา หาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ ซึ่งเป็นไปตามข้อค้นพบของนูรอาซีกีน สาและคณะ (2560, น. 52) และพัชรี ร่มพะยอม วิชัยดิษฐ (2561, น. 160) สอดคล้องกับงานวิจัยของ พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558) ที่ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้งานวิจัยของ เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560) ที่ได้ทำการศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยวิชาเคมีหลังการเรียนรู้สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการทางการเรียนวิชาเคมีเฉลี่ยร้อยละ 54.67 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง และงานวิจัยของทิพธัญญา ดวงศรี (2560) ที่ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้อาจเป็นเพราะผู้วิจัยได้ใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัยมีตัวเลือกซึ่งเน้นข้อคำถามในการวัดพฤติกรรมในขั้นจำ เข้าใจ นำไปใช้และวิเคราะห์ ไม่ต้องแสดงคำอธิบายประกอบกับเนื้อหาในเรื่องเคมีอินทรีย์เป็นการศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้าง การอ่านชื่อ หมู่ฟังก์ชัน สมบัติทางกายภาพและปฏิกิริยาเคมี ประโยชน์และโทษของสารประกอบอินทรีย์ ซึ่งนักเรียนสามารถใช้การท่องจำมากกว่าการประยุกต์หรือการวิเคราะห์ ซึ่งเป็นพฤติกรรมที่สามารถเกิดได้จากการจัดการเรียนการสอนแบบปกติทั่วไป ไม่ตรงกับลักษณะของสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ลงมือกระทำและได้ผลงานออกมา (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 33) ไม่เน้นการท่องจำทฤษฎีหรือกฎ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจผ่านการปฏิบัติควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด ตั้งคำถาม แก้ปัญหาและการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ๆ พร้อมทั้งนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้ ซึ่งหากใช้ข้อสอบแบบอัตนัยหรือข้อสอบที่วัดการคิดขั้นสูงนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาอาจจะมีโอกาสแสดงความสามารถตรงกับที่ได้ฝึกฝนจากกิจกรรมสะเต็มศึกษามากกว่า

ในส่วนของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ ผู้วิจัยใช้รูปแบบการการเรียนการสอน ตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้5 ขั้น (5Es) ซึ่งได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ตาม

ทฤษฎีของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นการสอนที่เหมาะกับการหาข้อมูลเชิงวิทยาศาสตร์ที่ต้องการคำตอบที่ลึกลงไป เหมาะสำหรับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ซึ่งเน้นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สามารถต่อยอดองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 43) ช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, น. 123) ซึ่งนักเรียนสามารถสร้างแนวคิดจากข้อมูล มีการประเมินและเปรียบเทียบแนวคิดของตนกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคำอธิบายเดิมของตนให้ถูกต้องมากขึ้น (สุธิดา จำรัส, 2557, น. 13) ผลการวิจัยยังสอดคล้องกับงานวิจัยของอดิศร บรรหาร (2561) ที่ศึกษาเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งพบว่า คะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยหลังเรียนของทั้งสองรูปแบบการจัดการเรียนรู้ สูงกว่าคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาและการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น สามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นได้

2.2 การศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษากับนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 และจากการศึกษาเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนดังกล่าวที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างก่อนและหลังเรียน พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบสะเต็มศึกษาระหว่างหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ซึ่งความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วยความคิด 4 ลักษณะ คือ ความคิดคล่องทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อคิดตอบสนองต่อปัญหาหรือเหตุการณ์ให้ได้จำนวนมากที่สุดในเวลาจำกัด ด้านความคิดยืดหยุ่นทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์เพื่อคิดหาคำตอบให้ได้หลากหลายประเภทหลายทิศทางหลายรูปแบบ ด้านความคิดริเริ่มทางวิทยาศาสตร์ เป็นความสามารถในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดแปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดของคนอื่น ไม่ซ้ำกับคนส่วนใหญ่ และด้านความคิดละเอียดลออ เป็นความสามารถในการใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์ในการขยายความคิดหลักไปสู่รายละเอียดต่างๆ

ซึ่งจากผลการวิจัยอาจเป็นเพราะจากลักษณะการเรียนรู้สะเต็มศึกษาบนพื้นฐานของการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาเป็นฐาน เป็นการจัดกิจกรรมที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา คือ วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ร่วมกับการออกแบบทางวิศวกรรม เพื่อช่วยลำดับความคิดการออกแบบแก้ปัญหาและดำเนินงานตามขั้นตอนได้ ประกอบกับการใช้เทคโนโลยีเพื่อให้เข้าถึงแหล่งข้อมูลได้ง่าย

ขึ้น (พลศักดิ์ แสงพรมศรี, 2558) ซึ่งผู้วิจัยได้ออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบ สะเต็มศึกษา ประกอบด้วย 1) ขั้นก่อนทำกิจกรรม เป็นการทบทวนองค์ความรู้และนำเข้าสู่บทเรียน 2) ขั้นทำกิจกรรม เป็นขั้นตอนที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติตามรูปแบบสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการกลุ่ม มีขั้นตอนย่อย ได้แก่ ขั้นระบุปัญหา ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน และ 3) ขั้นขยายความรู้และสรุป เป็นขั้นสำหรับการขยายองค์ความรู้เพิ่มเติมและร่วมกันสรุปเนื้อหาที่สำคัญ ซึ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางแผนไว้สอดคล้องเป้าหมายของสะเต็มศึกษา แต่ละขั้นตอนของกิจกรรมมีการใช้เทคโนโลยีในการค้นคว้าหาข้อมูลและออกแบบผลงาน นักเรียนจะทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม โดยเน้นให้นักเรียนสามารถสร้างสรรค์ชิ้นงาน มีทักษะในการออกแบบและคิดหาวิธีแก้ปัญหาได้ตามสภาพจริง นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติทดลองผลิตภัณฑ์ บรรจุภัณฑ์ การทดสอบผลิตภัณฑ์ และการนำเสนอผลิตภัณฑ์ด้วยตนเองหลายครั้งในแต่ละบทเรียน ทำให้มีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้น เนื่องจากการคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะซึ่งเมื่อได้รับการฝึกบ่อยครั้ง จะทำให้มีทักษะเพิ่มขึ้น เป็นไปตามกฎการฝึกฝนของธอร์นไดค์ (Thorndike, 1966, pp. 28-29) นอกจากนี้ยังมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น ทำให้นักเรียนได้ฝึกการคิดอย่างสร้างสรรค์และคิดในสิ่งที่แปลกใหม่ไม่ซ้ำใคร (สิรินภา กิจเกื้อกูล, 2558, น. 201; เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ, 2559, น. 92) ซึ่งเป็นกระบวนการที่นักเรียนจะได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ลักษณะ ซึ่งการจัดการเรียนการสอนรูปแบบปกติที่ใช้รูปแบบการการเรียนการสอนตามกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น แม้ว่านักเรียนจะมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่โดยการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง ได้ฝึกจัดระบบความคิด และการแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง แต่หากสถานการณ์ไม่น่าสนใจจะทำให้นักเรียนขาดแรงจูงใจที่จะศึกษาปัญหาและจะต้องมีแรงกระตุ้นเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการเรียน (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, น. 156-157) อาจจะทำให้นักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนต่ำกว่านักเรียนกลุ่มทดลอง

เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองในแต่ละองค์ประกอบพบว่า ด้านความคิดคล่อง ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.05 คะแนนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 5.48หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 16.03 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.04 ด้านความคิดยืดหยุ่น ก่อนเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 2.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.37 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 9.21 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.84ด้านความคิดริเริ่ม ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 9.79 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 4.33 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 11.26 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.20 และด้านความคิดละเอียดลออ ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 3.58 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.58 หลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ย 5.92 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.63 เมื่อนำคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละ

องค์ประกอบของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างมาเปรียบเทียบพบว่า คะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทุกด้านมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยผลการวิจัยสอดคล้องกับงานวิจัยของ เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ (2559) ที่พบว่าทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนด้วยกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ประกอบกับงานวิจัยของอับดุลยามีน หะยีขาเดร์ (2560) ซึ่งพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .01 และน้ำเพชร กะการดี (2560) พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .01

นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ออกแบบใบกิจกรรมที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันวิเคราะห์ปัญหาจากสถานการณ์ การหาข้อมูลเพื่อแก้ปัญหา และการวางแผนการแก้ปัญหาอันจะนำไปสู่การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี มีการวางแผนการทดลองหรือสร้างชิ้นงานโดยแสดงเป็นแผนผังการทดลอง (flowchart) มีการนำเสนอผลงาน และรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนต่างกลุ่ม นำไปสู่แนวทางการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานของกลุ่มตนเอง เพื่อให้นักเรียนคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ๆ โดยบูรณาการความรู้ในสาขาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน ซึ่งนอกจากจะประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันแล้ว ยังช่วยให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ (สนธิ พลชัยยา, 2557, น. 7) เนื่องจากสะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนสามารถเลือกสร้างแบบจำลอง โดยบอกเหตุผลอย่างสมเหตุสมผล วางแผนการทำงาน คำนึงถึงคุณสมบัติของวัสดุ สร้างและปรับปรุงชิ้นงานให้สมบูรณ์ขึ้นได้ (ภัสสร ติดมา, 2558) นอกจากนี้สะเต็มศึกษาช่วยให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มมากขึ้น จากการออกแบบให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมต่างๆ ด้วยตนเอง เป็นผลให้นักเรียนต้องใช้กระบวนการคิดร่วมกับการเชื่อมโยงความรู้สร้างสรรค์สิ่งใหม่ๆ ในการเรียนรู้ ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ (วศิณีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา, 2559, น. 20) ถือเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากการที่ครูจัดสถานการณ์ที่ส่งเสริมความยืดหยุ่น ความคล่องในการคิด และความคิดริเริ่มในการแก้ปัญหาต่างๆ ของนักเรียน นักเรียนมีการระดมพลังสมอง เพื่อการตั้งสมมติฐาน และทดสอบสมมติฐาน ส่งเสริมการคิดและจินตนาการในทางวิทยาศาสตร์ ในลักษณะที่สัมพันธ์กับการคิดแบบอเนกนัยผ่านกิจกรรมต่างๆ (De Cecco, 1968, p. 459; ณัฏพงษ์ เจริญพิทย์ 2539, น. 54) จึงกล่าวได้ว่าการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาได้ทั้งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สอดคล้องกับงานวิจัยของ อดิศร บรรหาร (2561) ที่พบว่า ความสัมพันธ์

ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนต่อความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ตามรูปแบบการ จัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ .05

3. ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยตนเอง ได้พบผลการทดลอง ปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้นในระหว่างการดำเนินการ จึงมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้และข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป ดังนี้

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

3.1.1 การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษาเป็นการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ โดยบูรณาการเนื้อหา ทักษะวิชาวิทยาศาสตร์ (เคมี) คณิตศาสตร์ และการใช้เทคโนโลยีผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนออกแบบชิ้นงานสำหรับแก้ปัญหาตามสถานการณ์ที่กำหนดโดยใช้การทดลอง ครูผู้สอนจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดการเรียนการสอนให้เข้ากับความเหมาะสมด้านนักเรียน เนื้อหา วัสดุอุปกรณ์ ลดการบรรยายหรือท่องจำเนื้อหา ซึ่งจะส่งผลให้การจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีประสิทธิภาพมากขึ้น

3.1.2 ครูผู้สอนควรดูแลและให้คำแนะนำและชี้แนวทางให้กับนักเรียนในตลอดการทำกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่กำหนด เนื่องจากกิจกรรมรูปแบบสะเต็มศึกษามีการใช้เทคโนโลยีและการทำงานผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมซึ่งเป็นสิ่งใหม่ในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ โดยทุกขั้นตอนมีความสำคัญอันจะส่งผลให้นักเรียนพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นอกจากนี้จะต้องจัดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้นำแนวคิดในการแก้ปัญหาและชิ้นงานของกลุ่ม เพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซักถามและโต้แย้ง เป็นการฝึกให้มีเหตุผล ยอมรับความคิดของผู้อื่น

3.1.3 ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา มีความจำเป็นจะต้องใช้เทคโนโลยีเข้ามาบูรณาการในการทำกิจกรรมสำหรับการสืบค้นข้อมูลเพื่อสังเคราะห์ในการสร้างชิ้นงาน ประกอบกับครูอาจจะต้องใช้สื่อ นวัตกรรม หรือแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้อง จึงจำเป็นที่จะต้องส่งเสริมให้นักเรียนใช้โทรศัพท์มือถือ คอมพิวเตอร์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้

3.1.4 จากการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน พบว่า นักเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีคะแนนไม่แตกต่างกัน อาจจะเป็นเพราะการใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบปรนัย ซึ่งความรู้ด้านความจำ เข้าใจ นำไปใช้และการวิเคราะห์ ซึ่งไม่สอดคล้องกับลักษณะของสะเต็มศึกษาที่ต้องแสดงคำอธิบาย การสร้างสรรค์และใช้เหตุ ครูจึงควรใช้ข้อสอบแบบอัตนัยซึ่งนักเรียนอาจมีโอกาสแสดงความสามารถตามที่ได้รับการฝึกฝนตามรูปแบบสะเต็มศึกษา

3.1.5 ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนรูปแบบสะเต็มศึกษา จำเป็นต้องใช้ระยะเวลาพอสมควรในการจัดกิจกรรมเพื่อให้กระบวนการดำเนินไปได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดองค์ความรู้และทักษะจากการจัดกิจกรรมรูปแบบสะเต็มศึกษา ซึ่งหากมีกิจกรรมอื่นของโรงเรียนเข้ามา เช่น กิจกรรมหน้าเสาธง กิจกรรมวันสำคัญ กีฬาสี เป็นต้น จะทำให้การดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้และผลที่คาดคาดไว้ไม่เป็นไปตามที่วางแผนไว้ ครูผู้สอนจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนแผนหรือกิจกรรมให้เหมาะสมกับระยะเวลาที่มี

3.1.6 เนื่องจากผลการวิจัย พบว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความคิดละเอียดลออหลังเรียนของกลุ่มทดลองมีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุด จึงควรเพิ่มคำสั่งให้นักเรียนสร้างและนำเสนอชิ้นงานโดยการใช้การสังเกตในในรายละเอียดของชิ้นงาน จะช่วยให้เพิ่มความสามารถด้านความคิดละเอียดลออให้มากขึ้นได้

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

3.2.1 ควรทำการวิจัยการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษาในเนื้อหาอื่นๆ ของวิชาเคมีกับนักเรียนในระดับช่วงชั้นต่างๆ โดยการปรับกิจกรรมการเรียนการสอนให้เหมาะสมกับเนื้อหา ระดับชั้น และวัยของนักเรียน เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอนได้อย่างกว้างขวาง

3.2.2 ควรมีการวิจัยและพัฒนาการออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนตามรูปแบบสะเต็มศึกษา ในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เพื่อให้กิจกรรมมีประสิทธิภาพในการนำไปใช้

3.2.3 ควรทำการวิจัยผลของการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษากับตัวแปรอื่นๆ เช่น ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ ทักษะการสื่อสาร หรือทักษะที่จำเป็นแห่งศตวรรษที่ 21

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

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

กมลฉัตร กล่อมอิ่ม. (2559). การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา สำหรับนักศึกษาวิชาชีพครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 18(4), 334-348.

กมลวรรณ พฤฒินันทกุล. (2547). กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมนำมาใช้ในห้องเรียนได้หรือไม่. *นิตยสาร สสวท*., 42(190), 9-12.

กัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2557). เครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพ. ใน *ประมวลสารชุดวิชาการวิจัยหลักสูตรและการเรียนการสอน.* (พิมพ์ครั้งที่ 5). หน่วยที่ 9, น. 1-83. นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กัญญวิทย์ กลิ่นบำรุง. (2560). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้กระบวนการแบบสะเต็มศึกษา สำหรับการศึกษาด้านวิศวกรรมสายส่งความถี่สูง*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพ.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2556). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: ซัคเซสมีเดีย.

เกรียงศักดิ์ วิเชียรสร้าง (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี ความสามารถในการแก้ปัญหา และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี.

จำรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒผล, วิชัย วงษ์ใหญ่ และศรีสมร พุ่มสะอาด. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสาหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *ศิลปากร (ฉบับภาษาไทย สาขามนุษยศาสตร์ สังคมศาสตร์ และศิลปะ), 8*(1), 62-74.

ชาญณรงค์ พรรุ่งโรจน์. (2546). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชาตรี ฝ่ายคำตา. (2560). สื่อที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนเคมี. ใน *ประมวลสารชุดวิชาสื่อนวัตกรรมและการวัดและประเมินผลการเรียนรู้*. หน่วยที่ 3, น. 1-45. นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. (2539). *ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวคิดและแนวปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: ดวงกมล.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2558). การคิดสร้างสรรค์. ใน ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (บก.). *ศาสตร์การคิด*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2559). การพัฒนาและประเมินความคิดสร้างสรรค์ในสถานศึกษา. *วารสารศึกษาศาสตร์, 27*(1), 1-14.

_____. (2560). การประเมินความคิดสร้างสรรค์. ใน ไพทูรย์ สินลารัตน์ (บก.). *คิดสร้างสรรค์: สอนและสร้างได้อย่างไร*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). น. 34-54. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิพธัญญา ดวงศรี. (2560). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ในรายวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ธนัฏฐา คงทน, บุญนาค สุขุมเมฆ และชาตรี ฝ่ายคำตา. (2559). การพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 7*(1), 62-76.

นารินทร์ ศิริเวช. (2560). *การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางวิทยาศาสตร์และทักษะการคิดแก้ปัญหา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด, ร้อยเอ็ด.

นินนาท์ จันทร์สูรย์ และนวศิษฏ์ รักษ์บำรุง. (2561). ความรู้เนื้อหาผสานวิธีสอนและเทคโนโลยีในห้องเรียนเคมีโดยใช้สถานการณ์จำลองแบบมีปฏิสัมพันธ์ของ PhET. *วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา*, *1*(1), 109-121.

นูรอาซีกีน สาและ, ณัฐินี โมพันธุ์ และมัฮดี แวดราแมคู. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษย์ศาสตร์และสังคมศาสตร์*, 4(1), 42-63.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. (2559). ความหมายและขอบข่ายของการคิดสร้างสรรค์. ใน ไพทูรย์ สินลารัตน์ (บก.). *คิดสร้างสรรค์: สอนและสร้างได้อย่างไร*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

น้ำเพชร กะการดี. (2560). *การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยใช้รูปแบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง แรงและการเคลื่อนที่ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

ปิยมาศ เจริญชัย (2558). *การศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ร่วมกับเทคนิคการคิดนอกกรอบ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบนิเวศ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ประจักษ์ ปฏิทัศน์. (2559). *การคิดเชิงระบบและความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ปราณี นันทะแสน. (2560). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาระหว่างผู้เรียนที่มีแบบการเรียนรู้แตกต่างกันวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, มหาสารคาม.

เปรมจิตต์ ขจรภัย ลาร์เซ่น. (2559). สะเต็มศึกษา. *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 6*(3), 185-195.

พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ์. (2561). *การจัดการเรียนรู้วิชาเคมี สำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21*. ลพบุรี: ลพบุรีดีไซน์.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน 1*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

พิมพันธ์ เตชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แบเนจเม็นท์.

พจมาศ เชื่องช้าง. (2552). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสังคม ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนลำหยังวิทยามูลนิธิ จังหวัดปัตตานี*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช, นนทบุรี.

พลศักดิ์ แสงพรมศรี. (2558). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, *33*(2), 49–56.

เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ. (2559). *การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่องสารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพ.

ไพศาล วรคำ. (2556). *การวิจัยทางการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 6). มหาสารคาม: ตักศิลาการพิมพ์.

ภัทรจิต ดิลกเดชาพล. (2560). *การบริหารการเปลี่ยนแปลงของผู้บริหารในโรงเรียนขับเคลื่อนการจัดการเรียนการสอนสะเต็มศึกษา จังหวัดพะเยา.* (การค้นคว้าอิสระปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยพะเยา, พะเยา.

ภัสสร ติดมา. (2558). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

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

เยาวดี รางชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2556). *การวัดและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์*. (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ราวรรณ์ ทิลานันท์. (2558). *การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบโครงงานสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

วัชรา เล่าเรียนดี, ปรณัฐ กิจรุ่งเรือง และอรพิน ศิริสัมพันธ์. (2560). *กลยุทธ์การจัดการเรียนรู้เชิงรุก เพื่อพัฒนาการคิดและยกระดับคุณภาพการศึกษาสำหรับศตวรรษที่ 21*. (พิมพ์ครั้งที่ 12). นครปฐม: เพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป.

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

วิชัย วงษ์ใหญ่ และกัญจนา ลินทรัตนศิริกุล. (2558). การประเมินหลักสูตรและการเรียนการสอน. ใน *ประมวลสารชุดวิชาสัมมนาหลักสูตรและการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์*. หน่วยที่ 5, น. 1-63). นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วีระ สุดสังข์. (2550). *การคิดวิเคราะห์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21*. สมุทรปราการ: เนว่าเอ็ดดูเคชัน.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555 ก). *การวัดประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

_____. (2555 ข). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ: แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2557). *สะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2558 ก). *ความรู้เบื้องต้นสะเต็ม ช่วงชั้นที่ 1-ช่วงชั้นที่ 4*. กรุงเทพฯ: สกสค ลาดพร้าว.

_____. (2558 ข). *มาตรฐานสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2560). *สรุปข้อมูลเบื้องต้น PISA 2015*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

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

สุธิดา จำรัส. (2557). การจัดการเรียนวิทยาศาสตร์ 1. ใน *ประมวลสารชุดวิชาการวิจัย สารัตถะ วิทยวิธี และธรรมชาติของวิทยาศาสตร์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). หน่วยที่ 8, น.1-84. นนทบุรี: สาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

สุพรรณี ชาญประเสริฐ. (2557). สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. *นิตยสาร สสวท*., *12*(186), 3-5.

สุรยศ ทรัพย์ประกอบ, อาทิตยา จิตร์เอื้อเฟื้อ และพินธุดิฐ กลิ่นขจร. (2556). *การพัฒนาครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ด้านการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (Science, Technology, Engineering and Mathematics, [STEM])*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2550). *กลยุทธ์...การสอนคิดสร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 4). ภาพพิมพ์.

สนธิ พลชัยยา. (2557). สะเต็มศึกษากับการคิดขั้นสูง. *นิตยสาร สสวท., 42*(89), 7-10.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. (2560). *สรุปสาระสำคัญแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่สิบสอง พ.ศ. 2560-2564*. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2558). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา*. กรุงเทพฯ: สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

อดิศร บรรหาร. (2561). *การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบสะเต็มศึกษาและรูปแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น เพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์และเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ เรื่องโมเมนตัมและการชน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในชั้นเรียนวิชาฟิสิกส์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อภิสิทธิ์ ธงไชย. (2555). วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21. *วารสารครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี. 18*, 78-80.

อมร เภาสี. (2560). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการสร้างความคิดรวบยอด เรื่องของแข็งของเหลว แก๊ส โดยการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

อับดุลยามีน หะยีขาเดร์. (2560). *ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, ปัตตานี.

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). *การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่องเอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต ไม่ได้ตีพิมพ์). มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

อารี พันธ์มณี. (2537). *ความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ.

_____. (2557). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

De Cecco, John P. (1968). *The Psychology of Learning and Instruction*. New Jersey: Prentice-Hall.

Diana, L.R. (2012). *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*. Retrieved from www.rondout.k12.ny.us/common/pages/Display-File.aspx?itemId=16466975.

Good, C. V. (1973). *Dictionary of Education*. New York: McGraw–Hill.

Guilford, J.P. (1971). *The Nature of Human Intelligence*. New York: McGraw Hill.

Klopfer, L.E. (1971). *“Evaluation of Learning in Science”, Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York: McGraw–Hill.

Lantz, H.B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?*. Retrieved from: https://dornsife.usc.edu/assets/sites/1/docs/jep/STEMEducationArticle.pdf.

Mayasari, T.& Kadarohman, A.& Rusdiana, D. & Kaniawati, I. (2016). *Exploration of student's creativity by integrating STEM knowledge into creative products*. AIP conference.

Robert, A. (2013). STEM is here. Now what. *Technology and Engineering Teacher*, 22-27.

Scott, C.E. (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.

Strimel, G. (2014) Shale gas extraction: Drilling into current issues and making STEM connection. *Resources in Technology and Engineering*. *12*, 16-24.

Thorndike, Edward L. (1966). *Human learning*. Cambridge: Mass. M.I.T. Press.

Torance, P.E. (1963). *Education and the Creative Potential*. Minneapolis: The Lund Press.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นินนาท จันทร์สูรย์ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีศึกษา)	สาขาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พัชรี ร่มพยอม วิชัยดิษฐ ปร.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)	สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
3. นางกานดา ศรีทองแท้ ศษ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
4. นางสาวดารารัตน์ นกขุนทอง ศษ.ม. (หลักสูตรและการสอน)	ครูชำนาญการพิเศษ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
5. นางณภัชนันท์ ภาคินศุภเศรษฐ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน)	ครูชำนาญการ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
6. นายธนบดี ชาญขุนทด ศษ.ม. (การศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)	ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
7. นางสาวณัฐมน นามมนตรี ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา)	ครู กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนธารปราสาทเพชรวิทยา จังหวัดนครราชสีมา

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รายวิชาเพิ่มเติม** **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**
รายวิชาเคมี 5 **รหัสวิชา ว 33225**
หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 **ชื่อหน่วย : เคมีอินทรีย์**
เรื่อง : แอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ **เวลา 4 ชั่วโมง**

---

1. ผลการเรียนรู้

วิทยาศาสตร์ (S)	เทคโนโลยี (T)	วิศวกรรมศาสตร์ (E)	คณิตศาสตร์ (M)
ศึกษาประเภท หมู่ฟังก์ชัน เขียนโครงสร้าง เรียกชื่อ สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลาย ในน้ำ จุดหลอมเหลวและจุดเดือด กับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุล อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิด พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบจุดเดือดของแอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์เอมีน และเอไมด์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันพร้อมทั้งบอกประโยชน์หรือโทษของสารเหล่านี้บางชนิดได้	สืบค้นข้อมูลโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้	ออกแบบและสร้างสิ่งของเครื่องใช้หรือวิธีการ ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมได้	คำนวณปริมาณสาร และนำเสนอข้อมูลได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

ผลิตแอลกอฮอล์แข็งได้ โดยมีการวางแผน ออกแบบ การคำนวณเบื้องต้น และการทดลองได้อย่างถูกต้อง

2.1 ความรู้ (K)

2.1.1 วิทยาศาสตร์ (S)

ความรู้เกี่ยวกับแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์

- เขียนสูตรโมเลกุล โครงสร้าง อ่านชื่อของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ได้
- อธิบายสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์และเปรียบเทียบกับสารอื่นที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้
- นำความรู้ เรื่อง สมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน
- บอกประโยชน์หรือโทษของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ได้

2.1.2 คณิตศาสตร์ (M)

วิเคราะห์กระบวนการการผลิตแอลกอฮอล์แข็ง

2.2 ทักษะกระบวนการ (P)

2.2.1 วิทยาศาสตร์ (S)

การแก้ปัญหาและการทดลองทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 เทคโนโลยี (T)

- การใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและเครือข่ายอินเทอร์เน็ตในการสืบค้นข้อมูลและนำเสนอผลงาน
- การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี
- การใช้แอพพลิเคชัน

2.2.3 วิศวกรรมศาสตร์

- กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม
- การทดสอบคุณสมบัติ การปรับปรุงและพัฒนาผลิตภัณฑ์

2.2.4 คณิตศาสตร์ (M)

- การคำนวณปริมาณสาร

2.3 คุณลักษณะ (A)

มีความซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย อยู่อย่างพอเพียง มุ่งมั่นในการทำงาน มีจิตสาธารณะ

3. สาระสำคัญ

แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ เป็นสารประกอบอินทรีย์ ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ แอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิลเป็นหมู่ฟังก์ชัน มีสูตรทั่วไป R–OH ฟีนอลจัดเป็นอะโรมาติกแอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิลต่ออยู่กับหมู่แอริล มีสูตรทั่วไปคือ ArOH อีเทอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็น หมู่แอลคอกซี สูตรทั่วไปเป็น ROR' อีเทอร์เป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกับแอลกอฮอล์และฟีนอลเมื่อจำนวนอะตอมคาร์บอนเท่ากัน การเรียกชื่อตามระบบ IUPAC ของแอลกอฮอล์ที่เป็นโซ่ตรง ให้เรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วลงท้ายเสียงเป็น -านอล (-anol) ถ้าเป็นโซ่กิ่งให้อ่านโซ่ยาวเป็นหลักและระบุตำแหน่ง –OH โดยการอ่านหมู่แทนที่ก่อน ส่วนระบบสามัญให้อ่านชื่อหมู่แอลคิลตามด้วยคำว่า แอลกอฮอล์ (alcohol) ส่วนการเรียกชื่ออีเทอร์ในกรณีชื่อสามัญจะเรียกหมู่ที่เกาะสองข้าง ตามด้วยคำว่า ether ส่วนชื่อ IUPAC เรียกโดยให้หมู่อีเทอร์เป็นหมู่เกาะหมู่หนึ่ง โดยเรียกว่า alkoxy

แอลกอฮอล์เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง จุดเดือดเพิ่มขึ้นตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน แอลกอฮอล์ที่โมเลกุลเล็กๆ ละลายในน้ำได้ดี ส่วนอีเทอร์จะไม่มีสีไม่มีกลิ่น ติดไฟง่าย มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ สภาพขั้วอ่อน มีจุดเดือดต่ำ ไม่เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลแต่เกิดกับน้ำได้

แอลกอฮอล์มีสมบัติละลายน้ำได้ใกล้เคียงกับอีเทอร์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน จุดเดือดของของแอลกอฮอล์และฟีนอลสูงกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของแอลกอฮอล์ ได้แก่ ปฏิกิริยาการเตรียมแอลกอฮอล์ การเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม ปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ ปฏิกิริยาออกซิไดส์ ส่วนอีเทอร์จะไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมโซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต ปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมและปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ สามารถนำไปทดสอบความแตกต่างระหว่างแอลกอฮอล์และอีเทอร์ได้

ประโยชน์ของแอลกอฮอล์จะใช้เป็นตัวทำละลายเคมี ผสมในเครื่องดื่ม การฆ่าเชื้อโรค แต่บางชนิดมีโทษต่อร่างกาย ฟีนอลบางชนิดเป็นน้ำมันหอมระเหย บางชนิดใช้เป็นสารสำหรับฆ่าเชื้อ อีเทอร์ ใช้เป็นยาสลบ ตัวทำละลายในอุตสาหกรรม

4. หลักฐานการเรียนรู้และการประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/วิธีการ	เกณฑ์การตัดสิน
1. ด้านความรู้	- ใบงาน - แบบฝึกหัด	ตรวจคำตอบ	ร้อยละ 60
	ใบกิจกรรม	แบบประเมิน	ระดับดี
2.ด้านทักษะกระบวนการ	ใบกิจกรรม	แบบประเมิน	ระดับดี
	การนำเสนองาน	แบบประเมิน	ระดับดี

จุดประสงค์การเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน	เครื่องมือ/วิธีการ	เกณฑ์การตัดสิน
3. ด้านคุณลักษณะ	การทำกิจกรรม	แบบประเมินคุณลักษณะ	ระดับดี

5. กระบวนการจัดการเรียนรู้

1) ขั้นก่อนทำกิจกรรม

1.1) ครูทักทายนักเรียนและเช็คชื่อนักเรียน

1.2) ครูนำแอลกอฮอล์ 1 ชนิด โดยใส่ในบีกเกอร์ขนาดเล็ก แล้วให้นักเรียนร่วมกันสังเกต เช่น สังเกตสี กลิ่น ลักษณะ การละลายน้ำ และร่วมกันทำนายว่าเป็นสารชนิดใด โดยครูคอยสังเกต แนะนำ และถามเหตุผลสนับสนุนนักเรียน จนมีนักเรียนที่ตอบได้ถูกต้อง

1.3) ครูทบทวนเกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันที่แสดงสมบัติเฉพาะและให้นักเรียนยกตัวอย่างเกี่ยวกับของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ในชีวิตประจำวัน

2) ขั้นทำกิจกรรม

ขั้นระบุปัญหา

2.1) นักเรียนศึกษาใบกิจกรรม ซึ่งครูได้กำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันดังนี้ ในปัจจุบันมีธุรกิจร้านอาหารมีการใช้แอลกอฮอล์แข็ง เป็นเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนแก่อาหารในการต้มหรืออุ่นอาหาร ซึ่งจะให้ความร้อนสูง ติดไฟง่าย ไม่มีควันหรือเขม่า ให้ความร้อนสม่ำเสมอ มีปริมาณที่พอเหมาะต่อการใช้งานแต่ละครั้ง แต่ในปัจจุบัน พบว่า มีการผลิตแอลกอฮอล์แข็งที่มีคุณภาพไม่ดี มีกลิ่นเหม็นและทำให้เกิดอาการแสบตา โดยหากนักเรียนเป็นเจ้าของร้านอาหารซึ่งมีผลกระทบจากการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จึงต้องการทำผลิตแอลกอฮอล์แข็งสำหรับใช้ในร้านอาหารเอง ซึ่งจะต้องมีคุณภาพดี ไม่มีควัน ไม่แสบตา ไม่มีกลิ่นเหม็นและมีระยะเวลาใช้งานที่นานพอสมควร

ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.2) นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับแอลกอฮอล์และฟีนอลจากหนังสือเรียนของ สสวท. ใบความรู้หรือแหล่งเรียนรู้ออนไลน์และร่วมกันกันสรุปข้อมูลจากการสืบค้น โดยนักเรียนตอบคำถามเกี่ยวกับวิธีการอ่านชื่อ การเขียนสูตรโมเลกุล สูตรโครงสร้าง และการใช้ประโยชน์ของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์

2.3) ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับปฏิกิริยาและสมบัติของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ ได้แก่ ปฏิกิริยาการเตรียมแอลกอฮอล์ การเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม ปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ ปฏิกิริยาออกซิไดส์

2.4) ครูนักเรียนศึกษาปฏิกิริยาการเผาไหม้ของแอลกอฮอล์ โดยทดสอบการติดไฟของแอลกอฮอล์ 2-3 ชนิด เช่น เมทานอล เอทานอล โพรพานอล เป็นต้น เพื่อดูผลจากปฏิกิริยาการเผาไหม้ สำหรับเป็นข้อมูลในการผลิตชิ้นงาน

2.4) นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการทำแอลกอฮอล์แข็ง จากสถานการณ์ที่ครูกำหนด โดยภายใต้เงื่อนไขที่ครูแจ้งไว้ เช่น

- ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาวิธีการทำแอลกอฮอล์แข็ง โดยใช้วัสดุ อุปกรณ์ และสารเคมี ที่มีในห้องปฏิบัติการ
- ครูจะเตรียมภาชนะใส่แอลกอฮอล์แข็งที่มีขนาดเท่ากันให้ทุกกลุ่ม
- ใช้วัสดุและสารเคมีให้น้อยที่สุด

ขั้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

2.5) นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเห็น เพื่อเลือกวิธีการสร้างผลิตภัณฑ์ โดยเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีที่แต่ละกลุ่มวางแผนไว้ แล้วร่วมกันให้เขียนแผนผังการทดลอง (flowchart)

2.6) ครูสำรวจการทำงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม พร้อมให้คำแนะนำและใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิดเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

2.7) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันวางแผนการดำเนินงาน เช่น กำหนดขั้นตอนการทำงาน การใช้สารเคมี วัสดุ อุปกรณ์ วิธีการเก็บข้อมูล

2.8) นักเรียนดำเนินการสร้างผลิตภัณฑ์ตามที่ได้วางแผนไว้ พร้อมทั้งบันทึกผล การทำกิจกรรมลงในใบกิจกรรม

ขั้นทดสอบ ประเมินผลและปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

2.9) นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงาน และร่วมกันทดสอบผลิตภัณฑ์ เช่น สี กลิ่น

2.10) ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาวางไว้หน้าห้อง ครูจุดไฟเพื่อทบสอบชิ้นงาน (ครูและนักเรียนใช้ผ้าปิดจมูก) โดยแอลกอฮอล์แข็งที่ไม่มีกลิ่นเหม็น ไม่มีควัน ไม่แสบตา และมีระยะเวลาใช้งานนานที่สุด จะเป็นกลุ่มที่ชนะ

2.11) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันแลกเปลี่ยนเรียนรู้เกี่ยวกับวิธีการทำผลิตภัณฑ์แอลกอฮอล์แข็ง และการปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน

ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

2.12) ครูสอบถามนักเรียนเกี่ยวกับการปรับปรุงแก้ไขและพัฒนาชิ้นงานของกลุ่มตนเอง และสุ่มนักเรียนเพื่อนำเสนอแนวทางการพัฒนาชิ้นงานหลังจากแลกเปลี่ยนเรียนรู้จากกลุ่มเพื่อน

3) ขั้นขยายความรู้และสรุป

3.1) ครูบรรยายเพื่อทบทวนเกี่ยวกับสมบัติ ปฏิกิริยาและประโยชน์หรือโทษของแอลกอฮอล์ฟีนอลและอีเทอร์

3.2) นักเรียนสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาของแอลกอฮอล์ฟีนอลและอีเทอร์

3.3) ครูแนะนำแอพพลิเคชัน Smart Alcohol Test ซึ่งใช้สำหรับทดสอบความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในเลือด

3.4) ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเกี่ยวกับกิจกรรมที่นักเรียนได้ปฏิบัติ ได้แก่

- แนวคิด ประโยชน์จากกิจกรรม และการนำความรู้/ทักษะไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อตนเอง ชุมชน สังคม
- ปัญหาและอุปสรรค
- ความรู้ที่ต้องศึกษาเพิ่มเติม

3.5) นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน

6. สื่อและอุปกรณ์ แหล่งเรียนรู้

6.1 วัสดุอุปกรณ์

- วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

6.2 สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนเคมีเล่ม 5 ของ สสวท.
- แบบฝึกหัดที่ 1 เรื่องแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์
- ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา
- ใบความรู้ที่ 1 เรื่องแอลกอฮอล์ฟีนอลและอีเทอร์
- แอพพลิเคชัน Smart Alcohol Test

ชื่อกลุ่ม.....

ใบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้รูปแบบสะเต็มศึกษา

รายวิชาเคมี 5 (ว 33225) **หน่วยการเรียนรู้ที่ 3**

ชื่อหน่วย : เคมีอินทรีย์ **เรื่อง : แอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์**

สมาชิกในกลุ่ม

1. ..... ชั้น ม.6/..... เลขที่.....
2. ..... ชั้น ม.6/..... เลขที่.....
3. ..... ชั้น ม.6/..... เลขที่.....
4. ..... ชั้น ม.6/..... เลขที่.....
5. ..... ชั้น ม.6/..... เลขที่.....

สถานการณ์

ในปัจจุบันมีธุรกิจร้านอาหารมีการใช้แอลกอฮอล์แข็ง เป็นเชื้อเพลิงที่ให้ความร้อนแก่อาหารในการต้มหรืออุ่นอาหาร ซึ่งจะให้ความร้อนสูง ติดไฟง่าย ไม่มีควันหรือเขม่า ให้ความร้อนสม่ำเสมอ มีปริมาณที่พอเหมาะต่อการใช้งานแต่ละครั้ง แต่ในปัจจุบัน พบว่า มีการผลิตแอลกอฮอล์แข็งที่มีคุณภาพไม่ดี มีกลิ่นเหม็นและทำให้เกิดอาการแสบตา โดยหากนักเรียนเป็นเจ้าของร้านอาหารซึ่งมีผลกระทบจากการใช้ผลิตภัณฑ์ดังกล่าว จึงต้องการทำผลิตแอลกอฮอล์แข็งสำหรับใช้ในร้านอาหารเอง ซึ่งจะต้องมีคุณภาพดี ไม่มีควัน ไม่แสบตา ไม่มีกลิ่นเหม็นและมีระยะเวลาใช้งานที่นานพอสมควร

เงื่อนไข 1. ใช้อุปกรณ์และสารเคมีที่ครูกำหนดให้เท่านั้น โดยใช้ในปริมาณที่น้อยที่สุดเท่าที่จำเป็น และให้แต่ละกลุ่มระบุปริมาณหรือจำนวนที่ใช้ด้วย

2. ปฏิบัติการทดลองและเตรียมพร้อมการนำเสนอให้แล้วเสร็จภายในเวลา 1 ชั่วโมง

อุปกรณ์และสารเคมีที่มีในห้องปฏิบัติการ

1. เมทานอล
2. เอทานอล
3. ไอโซโพพิลแอลกอฮอล์
4. กรดสเตียริค
5. กรดซิตริก
6. กรดเบนโซอิค
7. กลีเซอรีน
8. สบู่
9. โซเดียมไฮดรอกไซด์
10. ไตรเอททาโนลาไมน์
11. ฟีนอล
12. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
13. ชามสแตนเลส
14. เครื่องชั่ง 2 ตำแหน่ง
15. น้ำกลั่น/น้ำสะอาด
16. พลาสติกแรป (plastic wrap)
17. แป้ง
18. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
19. จานหลุมอะลูมิเนียม

1. ปัญหา/สถานการณ์

2. การรวบรวมข้อมูล

2.1 ข้อมูลจากการศึกษาเบื้องต้น

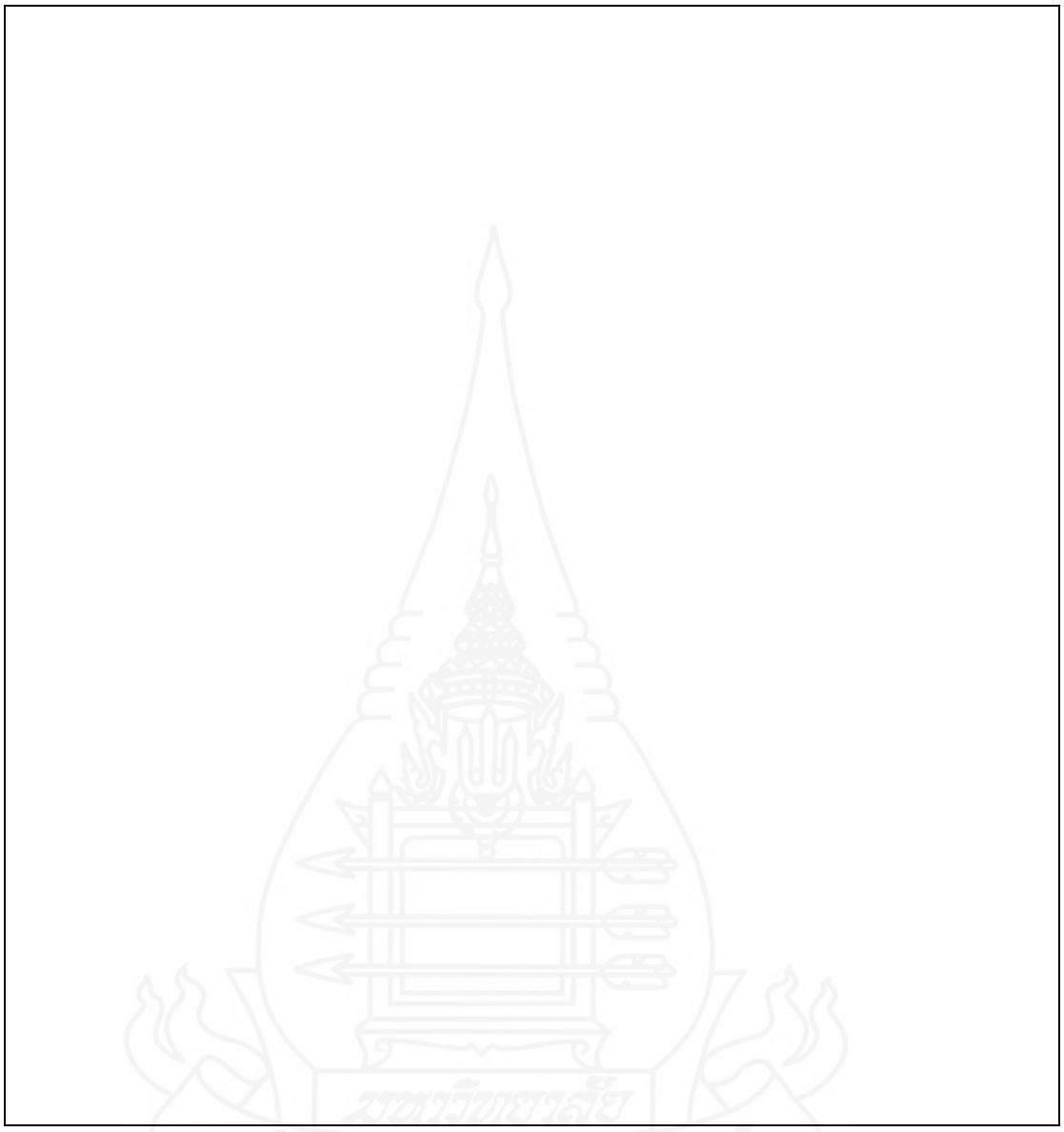
2.2 รายละเอียดชิ้นงานที่จะผลิต

3. วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีที่เลือกใช้

วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	จำนวน/ปริมาณ

การคำนวณการเตรียมสารเคมี

4. การวางแผนดำเนินงาน



5. ชิ้นงาน

ชื่อชิ้นงาน.....

ติดรูปถ่าย

สโลแกน

ลักษณะ สมบัติและการใช้งาน

6. การปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน

เกณฑ์ประเมินกระบวนการออกแบบและสร้างชิ้นงาน

รายการ	คะแนน			
	4	3	2	1
การให้เหตุผล	แสดงถึงเหตุผลที่สนับสนุนการออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ถูกต้องชัดเจน ตรงประเด็น	แสดงถึงเหตุผลที่สนับสนุนการออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ถูกต้องแต่ไม่ชัดเจน ตรงประเด็น	แสดงถึงเหตุผลที่สนับสนุนการออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ถูกต้องเป็นบางส่วน	ไม่สามารถแสดงถึงเหตุผลที่สนับสนุนการออกแบบและสร้างชิ้นงานได้
การเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมี	เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานและมีความคุ้มค่า สามารถอธิบายเหตุผลประกอบได้ถูกต้อง	เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงาน สามารถอธิบายเหตุผลประกอบได้ถูกต้อง	เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีเหมาะสมกับการสร้างชิ้นงานแต่ไม่สามารถอธิบายเหตุผลประกอบได้ถูกต้อง	เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีไม่เหมาะสมกับการสร้างชิ้นงาน
ความสร้างสรรค์	ชิ้นงานมีความแปลกใหม่ ประณีตสวยงามและน่าสน	ชิ้นงานมีความแปลกใหม่และน่าสน	ชิ้นงานมีมีความสวยงาม ปราณีต	ชิ้นงานไม่มีความแปลกใหม่ และไม่ปราณีต
ความสำเร็จ	สร้างชิ้นงานได้ตามที่ออกแบบไว้ได้อย่างสมบูรณ์ ปฏิบัติตามเงื่อนไขได้ทุกประเด็น	สร้างชิ้นงานได้ตามที่ออกแบบไว้ได้อย่างสมบูรณ์ ปฏิบัติตามเงื่อนไขได้บางส่วน	สร้างชิ้นงานได้ตามที่ออกแบบ แต่ไม่สมบูรณ์	ไม่สามารถสร้างชิ้นงานได้ตามที่ออกแบบไว้ได้
การทดสอบชิ้นงาน	ชิ้นงานมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้งานได้จริง	ชิ้นงานสามารถในการนำไปใช้งานได้จริง	ชิ้นงานต้องมีการปรับปรุงก่อนนำไปใช้งานจริง	ชิ้นงานยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้จริง
รายละเอียด	ผลงานมีความเรียบร้อย สโลแกนและการนำเสนอน่าสนใจ	ผลงานมีความเรียบร้อย มีสโลแกนและการนำเสนอ	ผลงานยังไม่เรียบร้อย มีสโลแกนและการนำเสนอ	ผลงานยังไม่เรียบร้อย สโลแกนและการนำเสนอไม่สมบูรณ์

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 20 - 24 คะแนน หมายถึง ดีมาก

คะแนน 16 - 20 คะแนน หมายถึง ดี

คะแนน 8 - 15 คะแนน หมายถึง พอใช้

คะแนนต่ำกว่า 8 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

เกณฑ์ประเมินการนำเสนอผลงาน

รายการ	คะแนน			
	4	3	2	1
ความถูกต้องและตรงประเด็น	นำเสนอชิ้นงานได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์ เน้นประเด็นสำคัญ	นำเสนอชิ้นงานได้ถูกต้อง ครบถ้วนสมบูรณ์	นำเสนอชิ้นงานได้ถูกต้อง แต่ไม่สมบูรณ์	นำเสนอชิ้นงานได้ไม่ถูกต้อง
การรักษาเวลา	นำเสนอได้ราบรื่น มีการทำงานเป็นทีม ใช้เวลาได้เหมาะสมและทันตามกำหนด	นำเสนอได้ราบรื่น มีการทำงานเป็นทีม ใช้เวลาไม่ทันตามที่กำหนด	นำเสนองานได้ มีการทำงานเป็นทีม ใช้เวลาไม่ทันตามที่กำหนด	นำเสนองานไม่เป็นระบบ และเสร็จไม่ทันเวลา
ความน่าสนใจ	สามารถนำเสนอผลงานอย่างน่าสนใจ สื่อสารได้ดี มีปฏิสัมพันธ์	สามารถนำเสนอผลงานอย่างน่าสนใจ สื่อสารได้ดี	สามารถนำเสนอผลงานอย่างน่าสนใจ การสื่อสารยังไม่ชัดเจน	สามารถนำเสนอผลงานได้ แต่ขาดความน่าสนใจ
การตอบคำถามและการแก้ปัญหา	ตอบคำถามได้ดีตรงประเด็น แก้ปัญหาได้ดี	ตอบคำถามและแก้ปัญหาได้ดี	ตอบคำถามได้ไม่ครบทุกประเด็น	ตอบคำถามและแก้ปัญหาไม่ได้
บุคลิกภาพ	พูดจาชัดเจน มั่นใจในการนำเสนอ มีความน่าสนใจ	พูดจาชัดเจน มั่นใจในการนำเสนอ	พูดเสียงเบา แต่มั่นใจในการนำเสนอ	ไม่มั่นใจในการนำเสนอ

เกณฑ์การประเมิน

คะแนน 17 - 20 คะแนน หมายถึง ดีมาก
คะแนน 13 - 16 คะแนน หมายถึง ดี
คะแนน 7 - 12 คะแนน หมายถึง พอใช้
คะแนนต่ำกว่า 7 คะแนน หมายถึง ปรับปรุง

แผนการจัดการเรียนรู้รูปแบบปกติ

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ **รายวิชาเพิ่มเติม** **ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6**

รายวิชาเคมี 5 **รหัสวิชา ว 33225**

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 **ชื่อหน่วย : เคมีอินทรีย์**

เรื่อง : แอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ **เวลา 4 ชั่วโมง**

---

1. ผลการเรียนรู้

ศึกษาประเภท หมู่ฟังก์ชัน เขียนโครงสร้าง เรียกชื่อ สรุปความสัมพันธ์ระหว่างการละลายในน้ำจุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับจำนวนอะตอมของคาร์บอนในโมเลกุล อธิบายการเกิดปฏิกิริยาบางชนิด พร้อมทั้งเขียนสมการเคมีแสดงปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น เปรียบเทียบจุดเดือดของแอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์ แอลดีไฮด์ คีโตน กรดคาร์บอกซิลิก เอสเทอร์เอมีนและเอไมด์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน พร้อมทั้งบอกประโยชน์หรือโทษของสารเหล่านี้บางชนิดได้

2. จุดประสงค์การเรียนรู้

2.1 ความรู้

1) เขียนสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ได้

2) อ่านชื่อสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ได้

3) อธิบายสมบัติทางกายภาพ และทางเคมีของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ได้

4) นำความรู้ เรื่องสมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของ แอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

5) เปรียบเทียบสมบัติระหว่างแอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์และสารอื่นที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้

6) บอกประโยชน์หรือโทษของแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ได้

2.2 ทักษะกระบวนการ

1) ทดลองสมบัติของแอลกอฮอล์และฟีนอลได้

2.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน

2) มีวินัยและมีความรับผิดชอบ

3. สาระการเรียนรู้

3.1 สารประกอบแอลกอฮอล์

3.2 สารประกอบฟีนอล

3.3 สารประกอบอีเทอร์

4. สาระสำคัญ

แอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์เป็นสารประกอบอินทรีย์ ที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ แอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เป็นหมู่ฟังก์ชัน มีสูตรทั่วไป R–OH สูตรทั่วไปของแอลกอฮอล์แบบอะลิฟาติกไฮโดรคาร์บอน (โครงสร้างสายตรง) คือ $C_nH_{2n+1}OH$

ฟีนอลจัดเป็นอะโรมาติกแอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิล (–OH) ต่ออยู่กับหมู่แอริล (Ar) มีสูตรทั่วไปคือ ArOH อีเทอร์ เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีหมู่ฟังก์ชันเป็น หมู่แอลคอกซี (alcoxy, R–O–R') สูตรทั่วไปเป็น ROR' อีเทอร์มีสูตรโมเลกุลเหมือนแอลกอฮอล์และฟีนอล จึงเป็นไอโซเมอร์โครงสร้างกับแอลกอฮอล์และฟีนอลเมื่อจำนวนอะตอมคาร์บอนเท่ากัน

การเรียกชื่อตามระบบ IUPAC ของแอลกอฮอล์ที่เป็นโซ่ตรง ให้เรียกตามจำนวนอะตอมของคาร์บอนแล้วลงท้ายเสียงเป็น -านอล (-anol) ถ้าเป็นโซ่กิ่งให้อ่านโซ่ยาวเป็นหลักและระบุตำแหน่ง –OH โดยการอ่านหมู่แทนที่ก่อน ส่วนระบบสามัญให้อ่านชื่อหมู่แอลคิลตามด้วยคำว่า แอลกอฮอล์ (alcohol) ส่วนการเรียกชื่ออีเทอร์ในกรณีชื่อสามัญจะเรียกหมู่ที่เกาะสองข้าง ตามด้วยคำว่า ether ส่วนชื่อ IUPAC เรียกโดยให้หมู่อีเทอร์เป็นหมู่เกาะหมู่หนึ่ง โดยเรียกว่า alkoxy

แอลกอฮอล์เป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้องมีจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะมีจุดเดือดสูงขึ้น เนื่องจากมวลโมเลกุลเพิ่มขึ้น เป็นผลให้แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมากขึ้น และหมู่ไฮดรอกซีสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้ แอลกอฮอล์ที่โมเลกุลเล็กๆ ละลายในน้ำได้ดี แต่เมื่อจำนวนอะตอมของคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะละลายในน้ำได้น้อยลง ส่วนอีเทอร์ เป็นสารไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ติดไฟง่าย มีความหนาแน่นน้อยกว่าน้ำ มีสภาพขั้วอ่อน มีจุดเดือดต่ำ ไม่เกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุล แต่เกิดกับน้ำได้ จึงละลายในน้ำได้

ปฏิกิริยาเคมีที่สำคัญของแอลกอฮอล์ ได้แก่ ปฏิกิริยาการเตรียมแอลกอฮอล์ การเผาไหม้ ปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม ปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ ปฏิกิริยาออกซิไดส์ ส่วนอีเทอร์จะไม่ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม โซเดียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮโดรเจนคาร์บอเนต แต่สามารถเกิด ปฏิกิริยากับอากาศอย่างช้าๆ ได้เป็นสารประกอบเปอร์ออกไซด์

สมบัติทางกายภาพ เช่น จุดเดือด สมบัติการละลาย และสมบัติทางเคมี เช่น ปฏิกิริยากับโลหะโซเดียม ปฏิกิริยากับกรดอินทรีย์ สามารถนำไปทดสอบความแตกต่างระหว่างสารประกอบ

แอลกอฮอล์และสารประกอบอีเทอร์ได้ แอลกอฮอล์มีสมบัติละลายน้ำได้ใกล้เคียงกับอีเทอร์ที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจากอีเทอร์สร้างพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้

จุดเดือดของของแอลกอฮอล์และฟีนอลสูงกว่าสารประกอบไฮโดรคาร์บอนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจากสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ เนื่องจากสามารถสร้างพันธะไฮโดรเจนระหว่างโมเลกุลได้ แต่จุดเดือดของอีเทอร์ใกล้เคียงกับแอลเคนที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกัน เนื่องจากพันธะคาร์บอน–ออกซิเจนในอีเทอร์ จะคล้ายกับพันธะคาร์บอน-คาร์บอนในแอลเคน

ประโยชน์ของแอลกอฮอล์จะใช้เป็นตัวทำละลายเคมี ผสมในเครื่องดื่ม การฆ่าเชื้อโรค แต่บางชนิดมีโทษต่อร่างกาย เช่น เมทานอล ฟีนอลเป็นสารอินทรีย์ที่มีหมู่ไฮดรอกซิลต่อกับวงอะโรมาติกที่พบในธรรมชาติมีหลายชนิด เช่น ยูจีนอล พบในกานพลู บางชนิดนำมาใช้เป็นสารสำหรับฆ่าเชื้อโรคในห้องผ่าตัด ใช้เป็นสารตั้งต้นในการสังเคราะห์สารประกอบอินทรีย์หลายชนิด

อีเทอร์ มีหมู่ออกซี (-O-) เป็นหมู่ฟังก์ชัน อีเทอร์ติดไฟได้ง่าย ในอดีตใช้เป็นยาสลบ ใช้เป็นตัวทำละลายสารในอุตสาหกรรม เกิดปฏิกิริยากับสารชนิดอื่นได้ยาก และแยกออกได้ง่ายเมื่อปฏิกิริยาสิ้นสุดลง

5. หลักฐานการเรียนรู้

5.1 ความรู้

จุดประสงค์	เครื่องมือ/วิธีการ	เกณฑ์การตัดสิน
1) เขียนสูตรโมเลกุลและสูตรโครงสร้างของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ได้ 2) อ่านชื่อสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ได้ 3) อธิบายสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ได้ 4) นำความรู้ เรื่อง สมบัติทางกายภาพ และทางเคมี ของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ไปใช้ในชีวิตประจำวัน 5) เปรียบเทียบสมบัติระหว่างแอลกอฮอล์ ฟีนอล อีเทอร์และสารอื่นที่มีมวลโมเลกุลใกล้เคียงกันได้ 6) บอกประโยชน์หรือโทษของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ได้	แบบฝึกหัด	ร้อยละ 60

5.2 ทักษะกระบวนการ

จุดประสงค์	เครื่องมือ/วิธีการ	เกณฑ์การตัดสิน
1) ทดลองสมบัติของแอลกอฮอล์และฟีนอลได้	แบบประเมินรายงานผลการทดลอง	ระดับดี

5.3 คุณลักษณะ

จุดประสงค์	เครื่องมือ	เกณฑ์การตัดสิน
1) ใฝ่เรียนรู้และมุ่งมั่นในการทำงาน	แบบประเมิน	ระดับดี
2) มีวินัยและมีความรับผิดชอบ	ใบรายชื่อ/แบบบันทึก	เข้าเรียนและส่งงานตรงเวลา

6. กระบวนการจัดการเรียนรู้

1) ขั้นสร้างความสนใจ

1.1) ครูทักทายนักเรียนและเช็คชื่อนักเรียน

1.2) ครูเร้าความสนใจเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน โดยเปิดเพลงเกี่ยวกับสารประกอบแอลกอฮอล์ เช่น ยิ่งรู้จักยิ่งรักแอลกอฮอล์(https://www.youtube.com/watch?v=RJtAbAoRiBw) โดยครูสุ่มถามสาระสำคัญเกี่ยวกับสมบัติและประโยชน์หรือโทษของแอลกอฮอล์

1.3) ครูทบทวนเกี่ยวกับหมู่ฟังก์ชันที่แสดงสมบัติเฉพาะและให้นักเรียนยกตัวอย่างเกี่ยวกับของแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์ ในชีวิตประจำวัน

2) ขั้นสำรวจตรวจสอบ

2.1) นักเรียนแบ่งกลุ่มๆ ละ 5-6 คน สืบค้นข้อมูลเกี่ยวกับแอลกอฮอล์ ฟีนอลและอีเทอร์จากหนังสือเรียน ใบความรู้หรือแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ แล้วร่วมกันสรุป

2.2) นักเรียนทำการทดลองสมบัติของแอลกอฮอล์และฟีนอล โดยครูกำหนดให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกัน ออกแบบการทดลองและตารางบันทึกผลการทดลอง โดยนักเรียนร่วมกันศึกษาวิธีการทดลอง เขียนจุดประสงค์ สมมติฐานและออกแบบตารางบันทึกข้อมูล

3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

3.1) ครูสุ่มถามนักเรียนเกี่ยวกับการทดลองและให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายผล

3.2) ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายจนได้ข้อสรุปว่าอภิปรายร่วมกัน เพื่อให้ได้ข้อสรุปเป็นองค์ความรู้เกี่ยวกับแอลกอฮอล์และฟีนอล

- แอลกอฮอล์มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) เป็นหมู่ฟังก์ชันและมีสูตรทั่วไปเป็น R-OH
- พันธะระหว่างหมู่ไฮดรอกซิลกับหมู่แอลคิลในแอลกอฮอล์เป็นพันธะโคเวเลนต์

- โมเลกุลของแอลกอฮอล์เป็นโมเลกุลมีขั้ว โดยส่วนที่มีขั้วคือหมู่ (-OH)
- แนวโน้มจุดเดือดของแอลกอฮอล์เพิ่มตามจำนวนอะตอมของคาร์บอน

4) ขั้นขยายความรู้

4.1) ครูอธิบายการเรียกชื่อแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์

4.2) ครูยกตัวอย่างโจทย์โครงสร้างแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ บนกระดาน นักเรียนร่วมกันอ่านชื่อสารนั้นๆ

4.3) ครูเขียนชื่อสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์ บนกระดานจากนั้นสุ่มนักเรียนมาเขียนโครงสร้างสารตามชื่อที่ครูตั้งโจทย์บนกระดาน แล้วให้นักเรียนในห้องร่วมอภิปราย

4.4) ครูอธิบายสมบัติของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์

4.5) ครูอธิบายปฏิกิริยาของสารประกอบแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์

5) ขั้นประเมิน

5.1) นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ 5

5.2) ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับข้อคำถาม

7. สื่อและอุปกรณ์ แหล่งเรียนรู้

7.1 วัสดุอุปกรณ์

- วัสดุ อุปกรณ์และสารเคมีตามการทดลองสมบัติของแอลกอฮอล์และฟีนอล

7.2 สื่อและแหล่งการเรียนรู้

- หนังสือเรียนเคมีเล่ม 5 ของ สสวท.
- แบบฝึกหัด
- ใบความรู้ เรื่องแอลกอฮอล์ ฟีนอล และอีเทอร์
- ใบกิจกรรมการทดลอง เรื่องสมบัติของแอลกอฮอล์ และฟีนอล

ใบกิจกรรมการทดลอง

เรื่อง สมบัติของแอลกอฮอล์และฟีนอล

วิชาเคมี 5 รหัสวิชา ว 33225 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

สมาชิกในกลุ่ม 1. เลขที่ ชั้น

2. เลขที่ ชั้น

3. เลขที่ ชั้น

4. เลขที่ ชั้น

5. เลขที่ ชั้น

ทำการทดลองวันที่ **ห้องเรียน**

กิจกรรมการทดลอง

อุปกรณ์

1. แบบจำลองโมเลกุล
2. หลอดทดลอง 18 หลอด
3. กระดาษลิตมัส
4. แท่งแก้วคน 6 อัน
5. ที่วางหลอดทดลอง

สารเคมี

1. Ethanol
2. 2-Propanol
3. 20% phenol

ตอนที่ 1 โครงสร้างของแอลกอฮอล์และฟีนอล

1. ต่อแบบจำลองโมเลกุลของ Ethanol, 2-Propanol และ 2-methyl-2-propanol
2. เขียนโครงสร้างโมเลกุลและโครงสร้างโมเลกุลแบบย่อ
3. ทำการศึกษาแบบเดียวกับข้อ 1-2 แต่เปลี่ยนเป็นโมเลกุลของฟีนอล

ตอนที่ 2 สมบัติของแอลกอฮอล์และฟีนอล

1. ศึกษากลิ่นของแอลกอฮอล์และฟีนอล โดยหยด Ethanol, Propanol และ Phenol อย่างละ 5 หยด ลงในหลอดทดลอง และดมกลิ่นของแอลกอฮอล์และฟีนอล แล้วบันทึกผล

2. ศึกษาการละลายของแอลกอฮอลและฟีนอล โดยหยดน้ำ 40 หยดหรือประมาณ 2 mL ลงไปในหลอดทดลองแต่ละหลอด ผสมให้เข้ากัน สังเกตการละลายแล้วบันทึกผล

3. ศึกษาความเป็นกรดและเบสของแอลกอฮอล์และฟีนอล โดยใช้แท่งแก้วคนของผสมแต่ละหลอด แล้วนำไปแตะบนกระดาษลิตมัส เปรียบเทียบการเปลี่ยนสีแล้วบันทึกผล

จุดประสงค์การทดลอง

ตัวแปร

1. ตัวแปรต้น

2. ตัวแปรตาม

3. ตัวแปรควบคุม

สมมติฐาน

ผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

คำถามท้ายการทดลอง

เพราะเหตุใดแอลกอฮอล์ที่มีคาร์บอนในโมเลกุลน้อยๆ สามารถละลายได้ในน้ำดี

เกณฑ์การประเมินรายงานผลกิจกรรมการทดลอง

ประเด็นการประเมิน	ระดับคุณภาพ			
	4	3	2	1
1. สมมติฐานการทดลอง	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและถูกต้องสมบูรณ์	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและถูกต้องสมบูรณ์บางส่วน	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาแต่ไม่ถูกต้อง	ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและไม่ถูกต้อง
2. จุดประสงค์การทดลอง	กำหนดจุดประสงค์การทดลองสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและถูกต้องสมบูรณ์	กำหนดจุดประสงค์การทดลองสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและถูกต้องสมบูรณ์บางส่วน	กำหนดจุดประสงค์การทดลองสอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาแต่ไม่ถูกต้อง	กำหนดจุดประสงค์การทดลองไม่สอดคล้องกับการทดลองที่ต้องการศึกษาและไม่ถูกต้อง
3. การบันทึกผลการทดลอง	ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน	ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและบันทึกผลการทดลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่ หรือไม่ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองแต่เขียนบันทึกผลถูกต้อง	ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองและแต่บันทึกผลการทดลองไม่ถูกต้องหรือไม่ออกแบบตารางบันทึกผลการทดลองแต่เขียนบันทึกผลถูกต้องบางส่วน	บันทึกผลการทดลองโดยเขียนบรรยายไม่ถูกต้อง
4. การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล	วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องครบถ้วน	วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองถูกต้องและสรุปผลการทดลองได้ถูกต้องเป็นบางส่วน	วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการทดลองไม่ถูกต้องและสรุปผลการทดลองไม่ถูกต้อง

ระดับคุณภาพ	คะแนนรวม 14 - 16	หมายถึง	ดีมาก
	คะแนนรวม 11 - 13	หมายถึง	ดี
	คะแนนรวม 8 - 10	หมายถึง	พอใช้
	คะแนนรวมต่ำกว่า 8	หมายถึง	ปรับปรุง

ภาคผนวก ค

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องเคมีอินทรีย์
- แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสารประกอบอินทรีย์ (ชุดก่อนเรียน) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

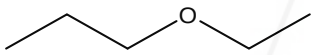
.....

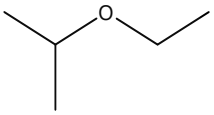
1. ถ้านำสารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น C_3H_8O มาเขียนสูตรโครงสร้างจะสามารถเขียนได้กี่สูตร และเป็นสารประกอบประเภทใดบ้าง

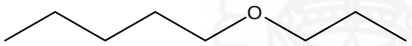
   ก. 3 สูตร เป็นสารแอลกอฮอล์ และอีเทอร์ ข. 3 สูตร เป็นสารแอลกอฮอล์ และฟีนอล

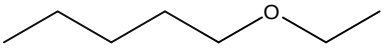
   ค. 2 สูตร เป็นสารแอลกอฮอล์ และอีเทอร์ ง. 2 สูตร เป็นสารแอลกอฮอล์ และฟีนอล

2. สารประกอบเอทอกซี โพรเพน (ethoxy propane) เขียนสูตรโครงสร้าง ได้เป็นอย่างไร

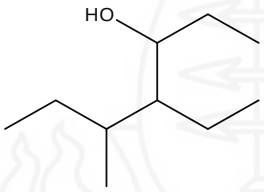
   ก. 

   ข. 

   ค. 

   ง. 

3. สารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างต่อไปนี้ อ่านชื่อได้อย่างไร



   ก. 4 – ethyl – 3 – methyl – 5 - heptanol

   ข. 4 – ethyl – 3 – methyl – 5 - heptanal

   ค. 4 – ethyl – 5 – methyl – 3 - heptanol

   ง. 4 – ethyl – 5 – methyl – 3 – heptanal

4. เพราะเหตุใดแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำจึงสามารถละลายน้ำได้ดีกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูง

   ก. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ มีส่วนที่ไม่มีขั้วน้อย ทำให้ละลายน้ำได้ดีกว่า

   ข. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆ จะยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนได้ดีกว่าแอลกอฮอล์มวลโมเลกุลสูง

   ค. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆ จะมีความมีขั้วต่ำกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูงๆ จึงทำให้ละลายน้ำได้ดีกว่า

   ง. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆ จะมีความสามารถในการสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ดีกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูงๆ

5. นักเรียนคนหนึ่งทำป้ายชื่อสารไดเอทิลอีเทอร์และเอทานอลหลุดออก นักเรียนคนนั้นจะแก้ปัญหาด้วยการทดสอบอย่างไร เพื่อนำป้ายมาติดชื่อสารได้ถูกต้องเหมือนเดิม

ข้อ	การทดสอบ	เหตุผล
ก.	การละลายน้ำ	ไดเอทิลอีเทอร์ไม่ละลายน้ำ เอทานอลละลายน้ำ
ข.	ทดสอบการเผาไหม้	ไดเอทิลอีเทอร์ติดไฟให้เขม่า เอทานอลไม่ติดไฟ
ค.	ทดสอบกับโลหะโซเดียม	ไดเอทิลอีเทอร์ไม่เกิดปฏิกิริยา เอทานอลเกิดฟองแก๊ส
ง.	ทดสอบกับ $NaHCO_3$	ไดเอทิลอีเทอร์ระเหยให้แก๊สที่ละลายน้ำแล้วเป็นกรด เอทานอลไม่เกิดปฏิกิริยา

6. จากตารางสมบัติของสารอินทรีย์

สาร	มวลโมเลกุล	จุดเดือด (°C)	การละลายน้ำ (g/น้ำ 100 g)	ความหนาแน่น
1	74	35	7.5	0.714
2	74	118	7.9	0.810
3	72	36	0.03	0.626
4	74	164	∞	0.922

สารใดน่าจะเป็นอีเทอร์

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

7. ข้อใด***ไม่***ถูกต้อง

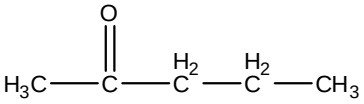
ก. ยูจีนอล พบในกานพลู เป็นสารประเภทฟีนอล

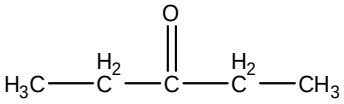
ข. แนฟทาลีนเป็นสารประเภทอีเทอร์

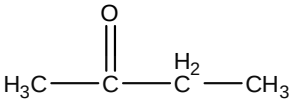
ค. อีเทอร์บางชนิดใช้เป็นยาสลบ

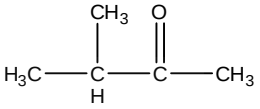
ง. แก๊สโซฮอล์ เป็นส่วนผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันเบนซิน

8. ข้อใดเป็นสูตรของโครงสร้างของสารประกอบ 3 – pentanone

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

9. ข้อใด***ไม่***ใช่สารเดียวกัน

ก. Formaldehyde – Methanal ข. Acetaldehyde – Ethanal

ค. Propionaldehyde –Propional ง. Butyraldehyde – Butanal

10. สารอินทรีย์ชนิดหนึ่งเป็นสารที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ เมื่อทดสอบสมบัติจะได้ผลดังตาราง

สมบัติและสารที่ใช้ทดสอบ				
โลหะ Na	$NaHCO_3$	Br/CCl_4	สารละลายเบเนดิกต์	การละลายน้ำ
ไม่เกิด	ไม่เกิด	ไม่เกิด	ตะกอนสีแดงอิฐ	ละลายน้ำได้

สารดังกล่าวเป็นสารประกอบประเภทใด

ก. แอลกอฮอล์ ข. อีเทอร์ ค. คีโตน ง. แอลดีไฮด์

11. ข้อมูลจุดเดือดของสารในตาราง สาร A , B , C , D ควรเป็นสารใดตามลำดับ

สาร	A	B	C	D
มวลโมเลกุล	58	58	58	60
จุดเดือด (^{0} C)	- 0.5	48	56.1	97.2

ก. บิวเทน โพรพานาล โพรพานอล โพรพาโนน

ข. บิวเทน โพรพานาล โพรพาโนน โพรพานอล

ค. บิวเทน โพรพาโนน โพรพานาล โพรพานอล

ง. บิวเทน โพรพาโนน โพรพานอล โพรพานาล

12. ข้อใด***ไม่***ถูกต้อง

ก. แอซีโตนใช้เป็นตัวทำละลาย

ข. วานิลินเป็นสารที่ใช้แต่งกลิ่นอาหาร

ค. เบนซาดีไฮด์ใช้เป็นส่วนประกอบของยาสลบ

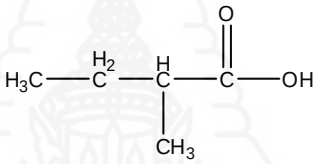
ง. ฟอร์มาลดีไฮด์ใช้ฉีดศพเพื่อรักษาสภาพไม่ให้เน่าเปื่อย

13. ข้อใดต่อไปนี้ เป็นสูตรโครงสร้างของ 2 – methylbutanoic

ก. $CH_3CH_2CH_2CH_2COOH$ ข. $CH_3(CH_3)CH_2COOH$

ค. $CH_3CH_2CH(CH_3)COOH$ ง. $CH_3CH(CH_3)COOH$

14. ชื่อตามระบบ IUPAC ของสารที่มีสูตรโครงสร้างดังรูป คืออะไร



ก. 2 – methyl butanoic acid ข. 2 – methyl pentanoic acid

ค. 3 – methyl butanoic acid ง. 3 – methyl – 1 – butanoic acid

15. เพราะเหตุใดกรดคาร์บอกซิลิกจึงมีจุดเดือดสูง

ก. เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีขั้ว ข. เป็นสารที่แตกตัวเมื่อละลายน้ำ

ค. เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดี ง. เป็นสารยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจน

16. ข้อใดเขียนปฏิกิริยาได้ถูกต้อง

1. $C_2H_5COOH + Na \longrightarrow C_2H_5COONa + H_2$
2. $C_2H_5COOH + NaHCO_3 \longrightarrow C_2H_5COONa + HCO_3^-$
3. $C_2H_5COOH + NaOH \longrightarrow C_2H_5COONa + OH^-$
4. $C_2H_5COOH + Na_2CO_3 \longrightarrow C_2H_5COONa + HCO_3^-$

17. สารอินทรีย์ตัวอย่างเป็นของเหลวมีจุดเดือด 110^0C ละลายน้ำได้ดีมาก สารละลายที่ได้เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นแดง สารนี้ให้ฟองแก๊สกับโลหะโซเดียมและสารละลายของ $NaHCO_3$ สารตัวอย่างดังกล่าวคือสารใด

ก. CH_3CH_2OH ข. CH_3CHO

ค. CH_3CH_2COOH ง. $CH_3CH_2COOCH_2CH_3$

18. ข้อใด***ไม่***ใช่ประโยชน์ของกรดคาร์บอกซิลิก

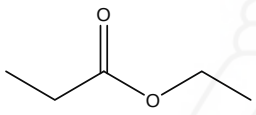
ก. ใช้ผลิตน้ำส้มสายชู

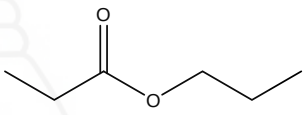
ข. ใช้ในอุตสาหกรรมฟอกหนัง

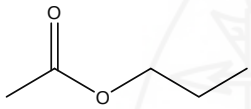
ค. ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บำรุงผิว เช่น AHA

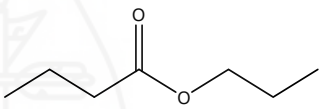
ง. ใช้เป็นสารแต่งกลิ่นในอาหาร เช่น วะนิลีนในต้นวะนิลา

19. สารประกอบโพรพิลเอทาโนเอต (propyl ethanoate) เขียนสูตรโครงสร้างได้อย่างไร

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

20. $CH_3CH_2COOCH_3$ สารนี้มีชื่อสามัญว่าอย่างไร

ก. methyl formate ข. methyl acetate ค. methyl proionate ง. ethyl acetate

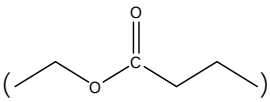
21. ข้อใดกล่าวถึงสมบัติของเอสเทอร์***ไม่***ถูกต้อง

ก. สารโมเลกุลใหญ่กลิ่นจะลดลง

ข. เอสเทอร์ส่วนใหญ่เป็นของเหลวระเหยง่าย

ค. เอสเทอร์มีจุดเดือดสูงกว่าแอลกอฮอล์ ที่มีมวลโมเลกุลเท่ากัน เพราะมีพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุล

ง. เอสเทอร์ที่มีขนาดเล็กที่มีจำนวนคาร์บอน 2-5 อะตอม ละลายน้ำได้ดีแต่ถ้ามากกว่าหรือโมเลกุลใหญ่ขึ้นจะละลายน้ำได้น้อยลง

22. เอทิลบิวทาโนเอต () เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารคู่ใด

ก. C_4H_9OH และ CH_3COOH ข. C_2H_5OH และ C_3H_7COOH

ค. C_2H_5OH และ C_4H_9COOH ง. C_4H_9OH และ C_2H_5COOH

23. จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส

$$CH_3CH_2COOCH_3 + H_2O \rightarrow X + CH_3OH$$ สาร X คือข้อใด

ก. $HCOOH$ ข. CH_3COOH

ค. CH_3CH_2COOH ง. $CH_3CH_2CH_2COOH$

24. ข้อใดเรียงลำดับความสามารถในการละลายน้ำได้ถูกต้อง

1. $C_4H_9COOCH_3 > C_3H_7COOCH_3 > C_2H_5COOCH_3$
2. $C_3H_7COOH > C_4H_9COOH > C_5H_{11}COOH$
3. $C_3H_7COOH > C_4H_9COOH > C_4H_9COOCH_3$

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

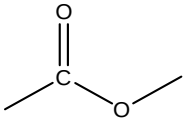
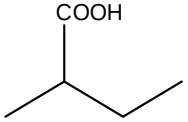
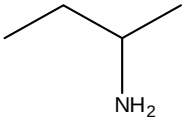
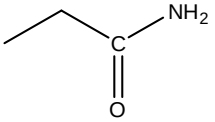
25. เมื่อนำสาร 3 ชนิดซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ มาทดสอบสมบัติต่างๆ จะได้ผลดังตาราง

สาร	ผลการทดสอบ			
	การละลายน้ำ	$NaHCO_3$	Na	NaOH (ต้ม)
1	ละลาย	ไม่เกิดแก๊ส	เกิดแก๊ส	เกิดปฏิกิริยา
2	ไม่ละลาย	ไม่เกิดแก๊ส	ไม่เกิดแก๊ส	เกิดปฏิกิริยา
3	ละลาย	เกิดแก๊ส	เกิดแก๊ส	ไม่เกิดปฏิกิริยา

จงเรียงลำดับจุดเดือดของสารจากมากไปน้อย

ก. 1 > 2 > 3 ข. 2 > 3 > 1 ค. 3 > 1 > 2 ง. 1 > 3 > 2

26. โครงสร้างใดเป็นสารประกอบประเภทเอไมด์

ก.  ข.  ค.  ง. 

27. ข้อใดอ่านชื่อของ $CH_3(CH_2)_4NH_2$ ได้ถูกต้อง

ก. 1-propanamine ข. 1-butanamine ค.1-pentanamine ง. 1-hexanamine

28. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับสมบัติการละลายน้ำของเอมีนและเอไมด์

ก. เอไมด์ละลายน้ำแล้วได้สารที่มีสี

ข. เอมีนมีสภาพละลายน้ำเพิ่มขึ้นเมื่อจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น

ค. เอไมด์เมื่อละลายน้ำจะมีสมบัติเป็นเบส เนื่องจากแตกตัวได้

ง. เอมีนเมื่อละลายน้ำจะเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากแดงเป็นน้ำเงิน

29. สารอินทรีย์ชนิดหนึ่งไม่มีสีและไม่มีกลิ่น จุดเดือดและจุดหลอมเหลวสูงกว่าอุณหภูมิห้อง ไม่เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส สามารถเกิดปฏิกิริยากับสารละลายไฮโดรไลซิส ในสารละลายกรดและเบสได้ สารชนิดนี้น่าจะเป็นสารใด

ก. กรดบิวทาโนอิก ข. โพรพิลเอทาโนเอต ค. บิวทานามีน ง. บิวทานาไมด์

30. ข้อใด***ไม่***ถูกต้อง

ก. อะดรีนาลิน จะลดอัตราเต้นของหัวใจ

ข. มอร์ฟีน สกัดได้จากฝิ่น ใช้เป็นยาบรรเทาปวด

ค. โคดิอีนในใบกระท่อม ใช้เป็นส่วนประกอบในยาแก้ไอ

ง. นิโคติน ในใบยาสูบ ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจเพิ่มขึ้น

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ (ชุดก่อนเรียน)

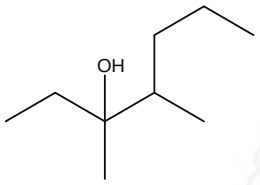
ข้อ	ตอบ	ข้อ	ตอบ	ข้อ	ตอบ	ข้อ	ตอบ	ข้อ	ตอบ
1	ก	2	ก	3	ค	4	ก	5	ค
6	ค	7	ข	8	ข	9	ค	10	ง
11	ข	12	ค	13	ค	14	ก	15	ง
16	ก	17	ค	18	ง	19	ค	20	ค
21	ค	22	ข	23	ค	24	ง	25	ค
26	ง	27	ค	28	ง	29	ง	30	ง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่องสารประกอบอินทรีย์ (ชุดหลังเรียน) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

.....

1. ถ้านำสารที่มีสูตรโมเลกุลเป็น $C_4H_{10}O$ มาเขียนสูตรโครงสร้างที่มีไฮโดรคาร์บอนเป็นโซ่ตรงเท่านั้น จะสามารถเขียนได้กี่สูตร และเป็นสารประกอบประเภทใดบ้าง
   ก. 3 สูตร เป็นสารแอลกอฮอล์และอีเทอร์ ข. 3 สูตร เป็นสารแอลกอฮอล์และฟีนอล
   ค. 4 สูตร เป็นสารแอลกอฮอล์และอีเทอร์ ง. 4 สูตร เป็นสารแอลกอฮอล์และฟีนอล

2. สารประกอบที่มีสูตรโครงสร้างต่อไปนี้ อ่านชื่อได้อย่างไร



   ก. 3,4–dimethyl – 3 – heptanal
   ข. 3 – methyl – 4 methyl – 3 - heptanal
   ค. 3,4–dimethyl – 3 – heptanol
   ง. 3 – methyl – 4 methyl – 3 - heptanol

3. เพราะเหตุใด แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูงจึงละลายน้ำได้น้อยกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำกว่า
   ก. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูง จะมีความมีขั้วสูงกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำๆ
   ข. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูง จะยึดกันด้วยพันธะไฮโดรเจนได้ดีกว่าแอลกอฮอล์มวลโมเลกุลต่ำๆ
   ค. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูง จะมีความสามารถในการสร้างพันธะไฮโดรเจนได้ดีกว่าแอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลต่ำ
   ง. แอลกอฮอล์ที่มีมวลโมเลกุลสูง จะมีส่วนที่ไม่มีขั้วมากขึ้น ทำให้ละลายน้ำได้น้อยลงกว่าแอลกอฮอล์มวลโมเลกุลต่ำกว่า

4. ข้อใด***ไม่***ใช่สมบัติของสมบัติของแอลกอฮอล์ ที่เป็นผลจากมีธาตุไฮโดรเจนและออกซิเจนเป็นส่วนประกอบ
   ก. เป็นสารประกอบที่มีพันธะไฮโดรเจน
   ข. โมเลกุลมีความแข็งแรงกว่าแอลเคน
   ค. เมื่อละลายน้ำจะสามารถเกิดพันธะไฮโดรเจนกับน้ำได้
   ง. จุดเดือดจุดหลอมเหลวจะลดน้อยลงเมื่อมีคาร์บอนเพิ่มขึ้น

5. ถ้ามีสาร 3 ชนิด แล้วสงสัยว่าจะมีมีสารชนิดหนึ่งเป็นแอลกอฮอล์ จึงนำมาทดสอบ ได้ผลดังตาราง

สาร	มวลโมเลกุล	จุดเดือด (^{o}C)	การละลายน้ำ (g/น้ำ 100 g)	ความหนาแน่น
1	74	35	7.5	0.714
2	74	118	7.9	0.810
3	72	36	0.03	0.626

   สารใดน่าจะเป็นแอลกอฮอล์
   ก. 1 เท่านั้น ข. 1 และ 3 ค. 2 เท่านั้น ง. 2 และ 3

6. นักเรียนคนหนึ่งได้ทำการทดสอบสารอินทรีย์ชนิดหนึ่ง พบว่าได้ข้อมูลดังตาราง

การทดสอบ	ผลการทดสอบ
สถานะ	ของเหลว
การละลายน้ำ	ละลายน้ำได้
ทดสอบลิตมัส	ไม่เปลี่ยนสี
ปฏิกิริยากับ Na	เกิดแก๊ส
ปฏิกิริยากับ Br_2/CCl_4	ไม่เกิดปฏิกิริยา
ปฏิกิริยากับ $NaHCO_3$	ไม่เกิดปฏิกิริยา

   สารนี้น่าจะเป็นสารใด
   ก. CH_3CH_2COOH ข. $CH_3CH{=}CHCH_3$
   ค. CH_3CH_2OH ง. $HCOOCH_3$

7. ข้อใดถูกต้อง

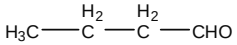
ก. แอลกอฮอล์บางชนิดใช้เป็นยาสลบ

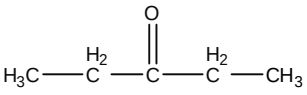
ข. แนฟทาลีนเป็นสารประเภทอีเทอร์

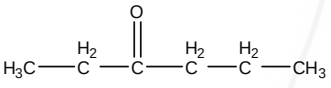
ค. ยูจีนอล พบในกานพลู เป็นสารประเภทฟีนอล

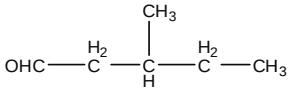
ง. แก๊สโซฮอล์ เป็นส่วนผสมระหว่างเอทานอลกับน้ำมันดีเซล

8. ข้อใดเป็นสูตรโครงสร้างของสารประกอบ 3–hexanone

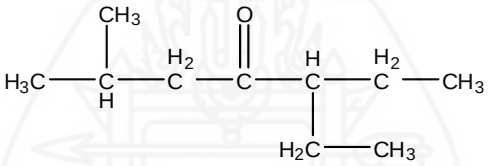
ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

9. สารที่มีโครงสร้างดังรูป มีชื่อว่าอะไร



ก. 3 – ethyl – 6 – methyl – 4 – heptanone

ข. 5 – ethyl – 2 – methyl – 4 - heptanone

ค. 3 – ethyl – 6 – methyl – 4 – heptanal

ง. 5 – ethyl – 2 – methyl – 4 - heptanal

10. เพราะเหตุใดแอลดีไฮด์คีโตนจึงมีจุดเดือด*ต่ำกว่า*คีโตนที่มีมวลโมเลกุลเท่ากัน

ก. แอลดีไฮด์มีพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุล

ข. แอลดีไฮด์มีหมู่คาร์บอนิลในโมเลกุล

ค. แอลดีไฮด์มีความเสถียรกว่าคีโตน

ง. แอลดีไฮด์มีความว่องไวกว่าคีโตน

11. ข้อมูลจุดเดือดของสารในตาราง สารA , B , C , D ควรเป็นสารใดตามลำดับ

สาร	A	B	C	D
มวลโมเลกุล	72	72	74	74
จุดเดือด (^{0} C)	76	80	34	114

ก. ไดเอทิลอีเทอร์ บิวทานาล บิวทาโนน บิวทานอล

ข. ไดเอทิลอีเทอร์ บิวทาโนน บิวทานาล บิวทานอล

ค. บิวทานาล บิวทาโนน บิวทานอล ไดเอทิลอีเทอร์

ง. บิวทานาล บิวทาโนน ไดเอทิลอีเทอร์ บิวทานอล

12. ข้อใด***ไม่***ถูกต้อง

ก. เบนซาดีไฮด์เป็นสารที่ใช้แต่งกลิ่นอาหาร

ข. แอซีโตนเป็นสารตั้งต้นในการผลิตพลาสติก

ค. การบูรเป็นส่วนผสมในยาดมและเครื่องสำอาง

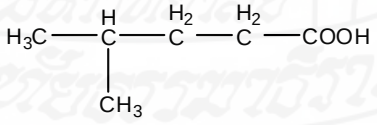
ง. เมทานาลใช้ฉีดศพเพื่อรักษาสภาพไม่ให้เน่าเปื่อย

13. ข้อใดต่อไปนี้ เป็นสูตรโครงสร้างของ 3– methylbutanoic

ก. $CH_3CH_2CH_2CH_2COOH$ ข. $CH_3CH(CH_3)COOH$

ค. $CH_3CH_2CH(CH_3)COOH$ ง. $CH_3CH_2(CH_3)CH_2COOH$

14. ชื่อตามระบบ IUPAC ของสารที่มีสูตรโครงสร้าง คืออะไร



ก. 2 – methyl pentanoic acid ข. 4 - methyl pentanoic acid

ค. 3 – methyl hexanoic acid ง. 3 – methyl – 1 – hexanoic acid

15. เพราะเหตุใดกรดคาร์บอกซิลิกจึงมีสมบัติเป็นกรดอ่อน

1. เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่มีขั้ว 2. เป็นสารที่แตกตัวได้ไม่สมบูรณ์

3. เป็นสารประกอบที่ละลายได้ดี 4. เป็นสารยึดเหนี่ยวด้วยพันธะไฮโดรเจน

16. ปฏิกิริยาระหว่างสารใด***ไม่***ทำให้เกิดสาร C_2H_5COONa

1. C_2H_5COOH กับ Na 2. C_2H_5COOH กับ NaOH 3. C_2H_5OH กับ Na

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

17. สารอินทรีย์ตัวอย่างเป็นของเหลว มีมวลโมเลกุลเป็น 88 ละลายน้ำได้ดี สารละลายมีค่า pH น้อยกว่า 7 และเกิดฟองแก๊สกับสารละลาย $NaHCO_3$ สารตัวอย่างดังกล่าวคือสารใด

ก. $CH_3CH_2CH_2OH$ ข. $CH_3CH_2CH_2COOH$

ค. $CH_3CH_2CH_2CHO$ ง. $CH_3CH_2COOCH_3$

18. ข้อใดคือประโยชน์ของกรดคาร์บอกซิลิก

ก. ใช้เป็นยาสลบ ข. ใช้ผลิตเป็นปุ๋ยยูเรีย

ค. ใช้ผลิตเป็นสารแต่งกลิ่นในอาหาร ง. ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์บำรุงผิว

19. $CH_3CH_2COOCH_3CH_3$ สารนี้มีชื่อตามระบบ IUPAC ว่าอย่างไร

ก. ethyl ethanoate ข. ethyl propanoate

ค. propyl ethanoate ง. propyl propanoate

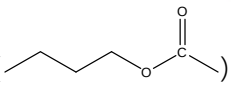
20. ข้อใดกล่าวถึงสมบัติของเอสเทอร์ได้ถูกต้อง

ก. สารโมเลกุลใหญ่จะมีกลิ่นหอมมากขึ้น เพราะแรงยึดเหนี่ยวมากขึ้น

ข. เอสเทอร์ส่วนใหญ่เป็นของเหลวระเหยยาก เพราะมีแรงยึดเหนี่ยวแข็งแรง

ค. เอสเทอร์มีจุดเดือดต่ำกว่าแอลกอฮอล์ ที่มีมวลโมเลกุลเท่ากัน เพราะไม่มีพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุล

ง. เอสเทอร์ที่มีโมเลกุลขนาดเล็กสามารถละลายน้ำได้น้อยกว่าสารโมเลกุลขนาดใหญ่ เพราะมีพันธะไฮโดรเจนในโมเลกุลมากขึ้น

21. บิวทิลเอทาโนเอต () เกิดจากปฏิกิริยาระหว่างสารคู่ใด

ก. C_4H_9OH และ CH_3COOH ข. C_2H_5OH และ C_3H_7COOH

ค. C_2H_5OH และ C_4H_9COOH ง. C_4H_9OH และ C_2H_5COOH

22. จากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส ในสภาวะเบส ดังสมการ

$CH_3CH_2COOCH_3$ + NaOH → X + CH_3OH สาร X คือข้อใด

ก. HCOONa ข. CH_3COONa ค. CH_3CH_2COONa ง. $CH_3CH_2CH_2COONa$

23. ข้อใดเรียงลำดับความสามารถในการละลายน้ำได้ถูกต้อง

1. C_4H_9COOH > C_3H_7OH > $C_3H_7COOCH_3$
2. $C_4H_9COOCH_3$> C_3H_7COOH > C_2H_5OH
3. C_3H_7COOH > C_4H_9COOH > $C_4H_9COOCH_3$

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

24. เมื่อนำสาร 3 ชนิดซึ่งเป็นแอลกอฮอล์ กรดคาร์บอกซิลิก และเอสเทอร์ มาทดสอบสมบัติต่างๆ จะได้ผลดังตาราง

สาร	ผลการทดสอบ			
	จุดเดือด	$NaHCO_3$	Na	NaOH (ต้ม)
1	164	เกิดแก๊ส	เกิดแก๊ส	ไม่เกิดปฏิกิริยา
2	118	ไม่เกิดแก๊ส	เกิดแก๊ส	เกิดปฏิกิริยา
3	77	ไม่เกิดแก๊ส	ไม่เกิดแก๊ส	เกิดปฏิกิริยา

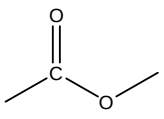
จงเรียงลำดับความสามารถในการละลายน้ำของสารจากมากไปน้อย

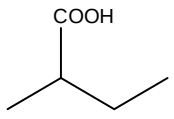
ก. 1 > 2 > 3 ข. 2 > 3 > 1 ค. 3 > 1 > 2 ง. 1 > 3 > 2

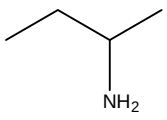
25. ข้อใดเป็นผลิตภัณฑ์ของเอสเทอร์

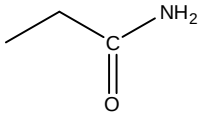
ก. ปุ๋ย ข. ยาแอสไพลิน ค. ยาแก้ไอ ง. ฮอล์โมนอะดรีนาลีน

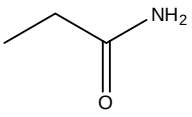
26. โครงสร้างใดเป็นสารประกอบประเภทเอมีน

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

27. ข้อใดอ่านชื่อของ  ได้ถูกต้อง

ก. 1-propanamide ข. 1-propanamine ค.1-butanamine ง. 1-butanamine

28. ข้อใดเขียนปฏิกิริยาถูกต้อง

ก. $C_3H_7CONH_2 + NaOH \longrightarrow C_3H_7COOH + NaN_3$

ข. $C_3H_7NH_2 + H_2O \longrightarrow C_3H_7NH_2^- + H_3O^+$

ค. $C_3H_7CONH_2 + H_2O \longrightarrow C_3H_7CONH_3^+ + OH^-$

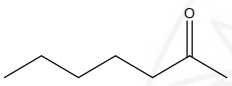
ง. $C_3H_7NH_2 + HCl \longrightarrow C_3H_7NH_3^+ + Cl^-$

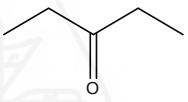
29. สาร X เป็นสารอินทรีย์ชนิดหนึ่งเมื่อเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสในสารละลายกรด ได้สารผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด

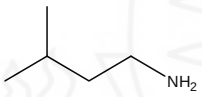
ชนิดที่ 1 ทำปฏิกิริยากับโลหะโซเดียมแล้วเกิดฟองแก๊ส

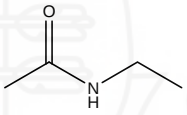
ชนิดที่ 2 ละลายน้ำแล้วเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัส

สาร X คือสารใด

ก. 

ข. 

ค. 

ง. 

30. ข้อใดถูกต้อง

ก. อะดรีนาลิน เป็นที่ทำให้น้ำตาลในเลือดลดลง

ข. มอร์ฟีน สกัดได้จากฝิ่น ใช้เป็นยาบรรเทาปวด

ค. แอมเฟตามีนใบกระท่อม ใช้เป็นส่วนประกอบในยาแก้ไอ

ง. นิโคติน ในใบยาสูบ ทำให้อัตราการเต้นของหัวใจลดลง

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่องเคมีอินทรีย์ (ชุดหลังเรียน)

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

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ชุดก่อนเรียน)
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

****

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้ มีทั้งหมด 4 ข้อ โดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ เป็นแบบทดสอบที่เน้นให้นักเรียนเขียนคำตอบได้อย่างอิสระเท่าที่นักเรียนสามารถจะตอบได้

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อ ให้เวลานักเรียนทำข้อละ 10 นาที เมื่อนักเรียนได้ยินสัญญาณหมดเวลา ให้นักเรียนหยุดทำ และเริ่มทำแบบวัดในข้อต่อไปทันที

3. นักเรียนจะได้คะแนนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อได้มากวิธี แปลกใหม่ หรือตอบในสิ่งที่คนอื่นคิดไม่ถึง โดยคำตอบนั้นจะต้องมีเหตุผลมีความเป็นไปได้

4. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้ สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบวัดชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลกระทบต่อนักเรียนในด้านใดๆ ทั้งสิ้น

5. เขียนชื่อ-สกุล ให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำแบบทดสอบ

ข้อที่	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวม
1.					
2.					
3.					
4.					
รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์					

ข้อที่ 1

ในปัจจุบันมีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะขยะพวกพอลิเมอร์ นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จาก กระดาษหนังสือพิมพ์ ในลักษณะต่างๆ ได้อย่างไรบ้าง โดยให้นักเรียนคิดคำตอบที่เป็นไปได้ โดยให้ได้คำตอบมากมากที่สุด หลายแบบมากที่สุด และไม่ซ้ำแบบใคร

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

คำตอบที่ 16

คำตอบที่ 17

คำตอบที่ 18

คำตอบที่ 19

คำตอบที่ 20

คำตอบที่ 21

คำตอบที่ 22

คำตอบที่ 23

คำตอบที่ 24

คำตอบที่ 25

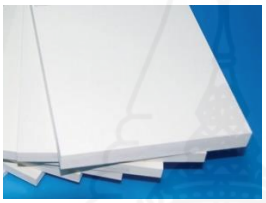
คำตอบที่ 26

คำตอบที่ 27

ข้อที่ 2

2. ให้นักเรียนสร้าง (ประดิษฐ์) ชิ้นงาน เครื่องมือ/อุปกรณ์อะไรก็ได้ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ และไม่ซ้ำแบบใครหรือไม่เคยมีใครคิดมาก่อน จากวัสดุที่กำหนดให้ต่อไปนี้

กะลามะพร้าว



โฟมหนากันกระแทก

ไม้ไฮศกรีม

เชือกฟาง

โดยให้นักเรียนใช้วัสดุให้ครบทั้ง 4 อย่าง ในการประดิษฐ์ โดยสามารถใช้ซ้ำหรือเปลี่ยนขนาด และสามารถใช้วัสดุ อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสมให้มีรายละเอียดมากที่สุด พร้อมทั้งบอกประโยชน์ของชิ้นงานให้ได้หลายแบบมากที่สุด

ชิ้นงาน 1

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 2

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 3

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 4

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 5

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 6

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 7

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 8

การใช้ประโยชน์

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 9

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 10

การใช้ประโยชน์

ข้อที่ 3

ปัจจุบันเทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้ในการสังเคราะห์และปรับปรุงยารักษาโรคและสารตรวจวิเคราะห์โรค ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่วนใหญ่ยาที่ใช้ในปัจจุบันได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี โดยเลียนแบบสารบริสุทธิ์ที่ได้จากธรรมชาติ เพื่อผลิตในปริมาณมากลดต้นทุนการผลิต และยากึ่งสังเคราะห์ทางเคมี เป็นยาที่พัฒนาจากการนำสารจากธรรมชาติมาดัดแปลงโครงสร้างทางเคมี ยาที่ได้ใหม่มักมีคุณสมบัติที่ดีกว่าเดิมมีความเฉพาะเจาะจงและระยะเวลาการออกฤทธิ์มากขึ้น

ถ้าหากในอีก 10 ปีข้างหน้า นักเรียนเป็นหนึ่งในคณะอนุกรรมการการศึกษาและพิจารณาเกี่ยวกับการผลิตยาสังเคราะห์ ซึ่งต้องมีการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษยชาติ นักเรียนคิดว่าจะมีผลกระทบเกิดขึ้นในแง่ดีหรือแง่ร้ายต่อมนุษย์อย่างไร

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

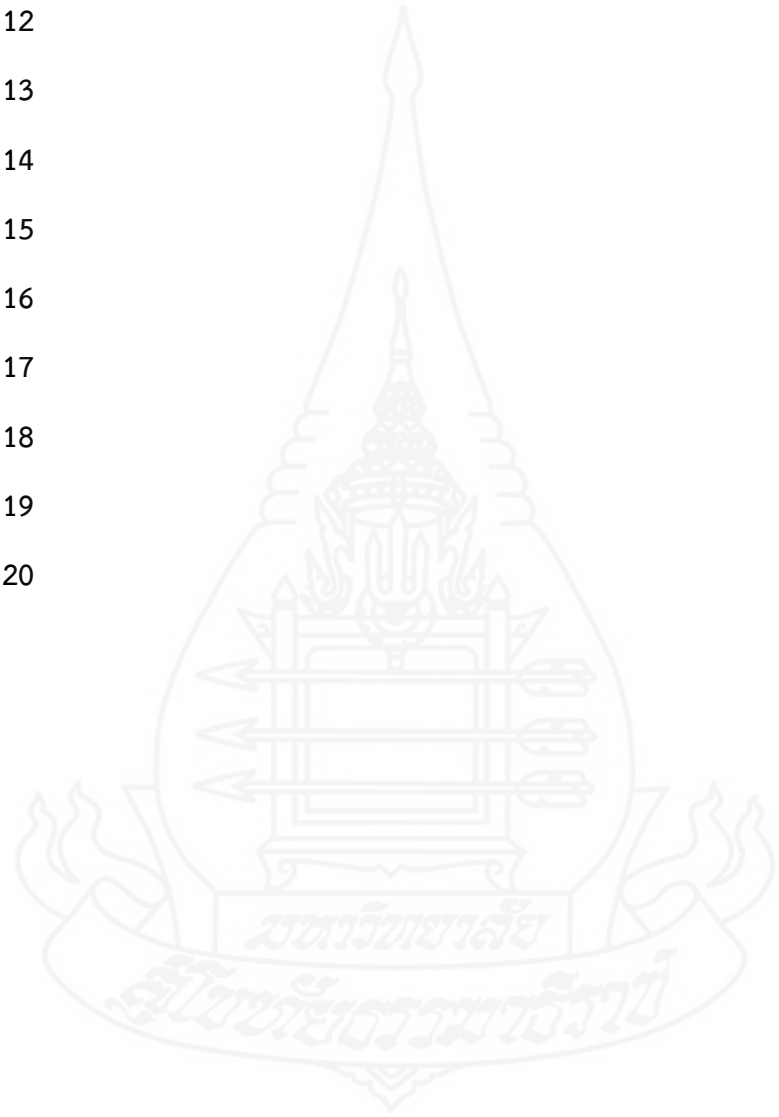
คำตอบที่ 16

คำตอบที่ 17

คำตอบที่ 18

คำตอบที่ 19

คำตอบที่ 20



ข้อที่ 4

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาภัยพิบัติที่เกิดจากน้ำท่วม ส่งผลกระทบต่อประชาชนอย่างรุนแรง เช่น ดินโคลนถล่ม การล้มทับของต้นไม้ โรคติดต่อ กระทบต่อเศรษฐกิจ สังคมและการศึกษา โดยความเสียหายทเกิดขึ้นเป็นวงกว้าง หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ของศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ จงใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการประดิษฐ์คิดค้น **“เครื่องมือที่ช่วยเตือนภัยน้ำท่วม”** โดยให้นักเรียนออกแบบสิ่งประดิษฐ์ โดยไม่ซ้ำแบบใคร และอธิบายรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์ให้มากที่สุด

รายละเอียดสิ่งประดิษฐ์

ชื่อ - สกุล.....ชั้น ม.6/.... เลขที่....

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ชุดหลังเรียน)
สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

****

คำชี้แจง

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้ มีทั้งหมด 4 ข้อ โดยเน้นความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ เป็นแบบทดสอบที่เน้นให้นักเรียนเขียนคำตอบได้อย่างอิสระเท่าที่นักเรียนสามารถจะตอบได้

2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แต่ละข้อ ให้เวลานักเรียนทำข้อละ 10 นาที เมื่อนักเรียนได้ยินสัญญาณหมดเวลา ให้นักเรียนหยุดทำ และเริ่มทำแบบวัดในข้อต่อไปทันที

3. นักเรียนจะได้คะแนนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เมื่อนักเรียนตอบคำถามในแต่ละข้อได้มากวิธี แปลกใหม่ หรือตอบในสิ่งที่คนอื่นคิดไม่ถึง โดยคำตอบนั้นจะต้องมีเหตุผลมีความเป็นไปได้

4. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้ สร้างขึ้นเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการศึกษาจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการทำแบบวัดชุดนี้จะนำไปใช้ในการวิจัยเท่านั้น จะไม่มีผลกระทบต่อนักเรียนในด้านใดๆ ทั้งสิ้น

5. เขียนชื่อ-สกุล ให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำแบบทดสอบ

ข้อที่	ความคิดคล่อง	ความคิดยืดหยุ่น	ความคิดริเริ่ม	ความคิดละเอียดลออ	รวม
1.					
2.					
3.					
4.					
รวมคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์					

ข้อที่ 1

ในปัจจุบันมีปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ โดยเฉพาะขยะพวกพอลิเมอร์ นักเรียนคิดว่าจะใช้ประโยชน์จาก กระดาษหนังสือพิมพ์ ในลักษณะต่างๆ ได้อย่างไรบ้าง โดยให้นักเรียนคิดคำตอบที่เป็นไปได้ โดยให้ได้คำตอบมากมากที่สุด หลายแบบมากที่สุดและไม่ซ้ำแบบใคร

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

คำตอบที่ 16

คำตอบที่ 17

คำตอบที่ 18

คำตอบที่ 19

คำตอบที่ 20

คำตอบที่ 21

คำตอบที่ 22

คำตอบที่ 23

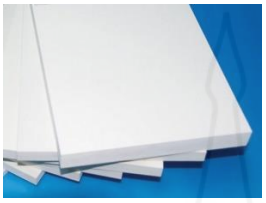
คำตอบที่ 24

คำตอบที่ 25

ข้อที่ 2

2. ให้นักเรียนสร้าง (ประดิษฐ์) ชิ้นงาน เครื่องมือ/อุปกรณ์อะไรก็ได้ ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ และไม่ซ้ำแบบใครหรือไม่เคยมีใครคิดมาก่อน จากวัสดุที่กำหนดให้ต่อไปนี้

กะลามะพร้าว



โฟมหนากันกระแทก

ไม้ไอศกรีม

เชือกฟาง

โดยให้นักเรียนใช้วัสดุให้ครบทั้ง 4 อย่าง ในการประดิษฐ์ โดยสามารถใช้ซ้ำหรือเปลี่ยนขนาด และสามารถใช้วัสดุ อุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสมให้มีรายละเอียดมากที่สุด พร้อมทั้งบอกประโยชน์ของชิ้นงานให้ได้หลายแบบมากที่สุด

ชิ้นงาน 1

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 2

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 3

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 4

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 5

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 6

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 7

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 8

การใช้ประโยชน์

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 9

การใช้ประโยชน์

ชิ้นงาน 10

การใช้ประโยชน์

ข้อที่ 3

ปัจจุบันเทคโนโลยีชีวภาพที่ใช้ในการสังเคราะห์และปรับปรุงยารักษาโรคและสารตรวจวิเคราะห์โรคได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่วนใหญ่ยาที่ใช้ในปัจจุบันได้จากการสังเคราะห์ทางเคมี โดยเลียนแบบสารบริสุทธิ์ที่ได้จากธรรมชาติ เพื่อผลิตในปริมาณมากลดต้นทุนการผลิต และยากึ่งสังเคราะห์ทางเคมี เป็นยาที่พัฒนาจากการนำสารจากธรรมชาติมาดัดแปลงโครงสร้างทางเคมี ยาที่ได้ใหม่มักมีคุณสมบัติที่ดีกว่าเดิมมีความเฉพาะเจาะจงและระยะเวลาการออกฤทธิ์มากขึ้น

ถ้าหากในอีก 10 ปีข้างหน้า นักเรียนเป็นหนึ่งในคณะอนุกรรมการการศึกษาและพิจารณาเกี่ยวกับการผลิตยาสังเคราะห์ ซึ่งต้องมีการวิเคราะห์ถึงผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่อมนุษยชาติ นักเรียนคิดว่าจะมีผลกระทบเกิดขึ้นในแง่ดีหรือแง่ร้ายต่อมนุษย์อย่างไร

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

คำตอบที่ 16

คำตอบที่ 17

คำตอบที่ 18

คำตอบที่ 19

คำตอบที่ 20

ข้อที่ 4

ในปัจจุบันประเทศไทยได้ประสบปัญหาภัยพิบัติที่เกิดจากน้ำท่วม ส่งผลกระทบต่อประชาชนอย่างรุนแรง เช่น ดินโคลนถล่ม การล้มทับของต้นไม้ โรคติดต่อ กระทบต่อเศรษฐกิจ สังคมและการศึกษา โดยความเสียหายทเกิดขึ้นเป็นวงกว้าง หากนักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ของศูนย์เตือนภัยพิบัติแห่งชาติ จงใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ในการประดิษฐ์คิดค้น **“เครื่องมือที่ช่วยเตือนภัยน้ำท่วม”** โดยให้นักเรียนออกแบบสิ่งประดิษฐ์ โดยไม่ซ้ำแบบใคร และอธิบายรายละเอียดของสิ่งประดิษฐ์ให้มากที่สุด

รายละเอียดสิ่งประดิษฐ์

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายณัฐชา พัฒนา
วัน เดือน ปีเกิด	25 พฤษภาคม 2535
สถานที่เกิด	อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง
ประวัติการศึกษา	กศ.บ. (วิทยาศาสตร์-เคมี) เกียรตินิยมอันดับ 2 มหาวิทยาลัยทักษิณ พ.ศ. 2558
สถานที่ทำงาน	กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา
ตำแหน่ง	ครู อันดับ คศ.1