



การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

วิทยานิพนธ์

ของ

พงศกร พลสุไพณี

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

พฤษภาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

วิทยานิพนธ์

ของ

พงศกร พลสุโพธิ์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

พฤศจิกายน 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

DEVELOPMENT OF CREATIVE THINKING OF MATHAYOMSUKSA 4 STUDENTS  
ON THE TOPIC OF SOLUTION USING STEAM EDUCATION

By

PHONGSAKORN PHOLSUPHO

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements for

The Master of Education Degree in Science Teaching

At Sakon NaKhon Rajabhat University

November 2021

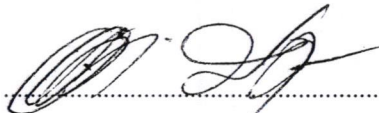

All Rights Reserved by Sakon Nakhon Rajabhat University

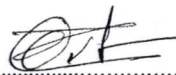



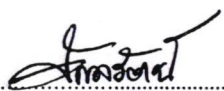
ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร  
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์ พงศกร พลสุโพธิ์


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

 ..... ประธานกรรมการสอบ .....  ..... กรรมการสอบและ  
(รองศาสตราจารย์อนันต์ ปานศุภวัชร) (ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล) ประธานที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์

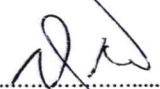
 ..... กรรมการสอบ .....  ..... กรรมการสอบและ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิทักษ์ วงษ์ชาติ) แต่งตั้งเพิ่มเติม (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทรรษกร วรรณะสาร) กรรมการที่ปรึกษา  
วิทยานิพนธ์

 ..... กรรมการสอบ  
(ดร.สกลรัตน์ พันธสันต์) ผู้ทรงคุณวุฒิ

คณะกรรมการบริหารหลักสูตรรับรองแล้ว

 .....  
(ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล)  
ประธานหลักสูตร  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

 .....  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรธัญญกรณ์)  
ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

เมื่อวันที่ 3 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2564  
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

## ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี ด้วยความกรุณาและช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรจรณะสาร ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา คำแนะนำ ให้กำลังใจและแนวคิด ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหา พร้อมปรับปรุง และแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตั้งแต่เริ่มต้นจนสำเร็จสมบูรณ์ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตา และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธราเทพ เตมีรักษ์ อาจารย์สาขาวิชาการศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ดร.วุฒิชัย รสชาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และนางวัชรียา พรหมพันธ์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร ที่กรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ และแก้ไขเครื่องมือต่าง ๆ ตลอดจนให้คำแนะนำ และข้อคิดที่เป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณ นายพนมพันธ์ ไชยเพชร ผู้อำนวยการโรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา คณะครู นักเรียน โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองใช้เครื่องมือและเก็บข้อมูลเพื่อการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ เพื่อนสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ รุ่น 5 มหาวิทยาลัย ราชภัฏสกลนคร ที่ให้กำลังใจด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณครอบครัว ที่ให้การสนับสนุน ช่วยเหลือ เป็นกำลังใจในการวิจัยครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ที่มีต่อการพัฒนาคุณภาพ การศึกษา ผู้วิจัยขอโน้มรำลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา บุรพคณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอน ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ผู้วิจัยมีความเพียรพยายามในการจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จด้วยดี

พงศกร พลสุโพธิ์

<b>ชื่อเรื่อง</b>	การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
<b>ผู้วิจัย</b>	พงศกร พลสุโพธิ์
<b>กรรมการที่ปรึกษา</b>	ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ทรรษกร วรรัตนะสาร
<b>ปริญญา</b>	ค.ม. การสอนวิทยาศาสตร์
<b>สถาบัน</b>	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
<b>ปีที่พิมพ์</b>	2564

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 3) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน 4) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร จำนวน 40 คน โดยการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา 2) แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ 4) แบบสอบถามความพึงพอใจ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที่แบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัยพบว่า

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.98/80.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้
2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
อยู่ในระดับมากที่สุด

**คำสำคัญ:** ความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สเต็มศึกษา สารละลาย

<b>TITLE</b>	Development of Creative Thinking of Mathayomsuksa 4 Students on the Topic of Solution Using STEAM Education
<b>AUTHOR</b>	Phongsakorn Pholsupho
<b>ADVISOR</b>	Dr.Arunrat Khamhaengpol Asst.Prof.Dr.Hassakorn Wattanasarn
<b>DEGREE</b>	M.Ed.(Science Teaching)
<b>INSTITUTION</b>	Sakon Nakhon Rajabhat University
<b>YEAR</b>	2021

### **ABSTRACT**

The purposes of this research were to 1) construct lesson plans based on STEAM education on the topic of Solution to meet the efficiency criteria of 80/80, 2) compare students' creative thinking before and after the intervention, 3) compare students' learning achievement before and after the intervention, 4) examine the satisfaction of students toward the learning activity management based on STEAM education. The sample, obtained through cluster random sampling, consisted of 40 students from Mathayomsuksa 4/1 at Thatnaraiwittaya School, Mueang District, Sakon Nakhon province, in the second semester of the academic year 2020. The instruments included 1) lesson plans based on STEAM education, 2) a creative thinking test, 3) a learning achievement test and 4) a satisfaction questionnaire. The statistics for data collection were percentage, mean, standard deviation, and t-test for Dependent Samples.

The results were as follows:

1. The efficiency of lesson plans based on STEAM Education on the topic of Solution was 80.98/80.11, which was higher than the defined criteria.
2. The creative thinking of students after the intervention was higher than that of before the intervention at the 0.1 level of significance.



3. The learning achievement of students after the intervention was higher than that of before the intervention at the 0.1 level of significance.

4. The satisfaction of students toward the learning activity management based on STEAM education was at the highest level.

**Keywords:** Creative Thinking, Learning Achievement, STEAM Education, Solution

## สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ .....	1
ภูมิหลัง .....	1
คำถามของการวิจัย .....	5
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	5
สมมติฐานของการวิจัย .....	5
ความสำคัญของการวิจัย .....	6
ขอบเขตของการวิจัย .....	6
กรอบแนวคิดของการวิจัย .....	8
นิยามศัพท์เฉพาะ .....	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	13
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 .....	14
หลักการของหลักสูตร .....	14
จุดมุ่งหมายของหลักสูตร .....	15
สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน .....	16
คุณลักษณะอันพึงประสงค์ .....	17
การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) .....	17
ความสำคัญของวิทยาศาสตร์ .....	17
เป้าหมายของวิทยาศาสตร์ .....	18
สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม .....	19
สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม .....	20
คุณภาพผู้เรียน .....	22

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	27
คำอธิบายรายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	31
การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	33
ความหมายของสเต็มศึกษา .....	33
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสเต็มศึกษา .....	33
จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	35
แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	36
การวัดและประเมินผลตามแบบสเต็มศึกษา .....	41
ความคิดสร้างสรรค์ .....	45
ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ .....	45
องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ .....	46
วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ .....	47
ความสัมพันธ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการจัดการเรียนรู้ แบบสเต็มศึกษา .....	51
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	52
ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	52
ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ .....	53
ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	55
ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี .....	57
การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	58
ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย .....	62
ความหมายของประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย .....	62

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย .....	62
ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ .....	64
ความหมายของความพึงพอใจ .....	64
การวัดระดับความพึงพอใจ .....	64
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	65
งานวิจัยในประเทศ .....	65
งานวิจัยต่างประเทศ .....	68
3 วิธีการดำเนินการวิจัย .....	71
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	71
แบบแผนการวิจัย .....	72
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	72
การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ .....	73
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	87
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	88
สถิติที่ใช้ในการวิจัย .....	88
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	93
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	93
ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล .....	94
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	95
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	113
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	113

## สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
สมมติฐานของการวิจัย .....	114
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	114
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	115
การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	115
การวิเคราะห์ข้อมูล .....	116
สรุปผลการวิจัย .....	117
อภิปรายผลการวิจัย .....	118
ข้อเสนอแนะ .....	122
บรรณานุกรม .....	125
ภาคผนวก .....	135
ภาคผนวก ก รายชื่อผู้เชี่ยวชาญและหนังสือขอความอนุเคราะห์ .....	137
ภาคผนวก ข ผลการประเมินและวิเคราะห์เครื่องมือวิจัย .....	149
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	167
ภาคผนวก ง ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	179
ภาคผนวก จ เครื่องมือวิจัย .....	295
ประวัติย่อของผู้วิจัย .....	317

## บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเคมี มาตรฐานการเรียนรู้ ข้อที่ 3 .....	28
2 หน่วยการเรียนรู้รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	32
3 การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนน ที่กำหนดโดยทอแรนซ์ ซึ่งแต่ละรายการจะได้รับคะแนนสูงสุด 4 คะแนน	50
4 ระดับความคิดสร้างสรรค์ .....	50
5 แบบแผนของการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง .....	72
6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาระเคมีมาตรฐานข้อที่ 3 ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะสำคัญ ทักษะความคิด สร้างสรรค์ กิจกรรมการเรียนรู้ ภาระงานชิ้นงาน และการวัดผล ประเมินผล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	75
7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับความคิด สร้างสรรค์ .....	78
8 วิเคราะห์โครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมกับความคิดสร้างสรรค์ ในแต่ละด้านของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สารละลาย	81
9 การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนน ที่กำหนดโดยทอแรนซ์ ซึ่งแต่ละรายการจะได้รับคะแนนสูงสุด 4 คะแนน	82
10 ระดับความคิดสร้างสรรค์ .....	82
11 วิเคราะห์โครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างผลการเรียนรู้กับพฤติกรรม ด้านพุทธิพิสัย ในแต่ละด้านของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย .....	84

## บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
12	การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	95
13	การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ ) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	96
14	ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	96
15	การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	97
16	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	98
17	ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย .....	99
18	ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว และด้านความคิดยืดหยุ่น ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	107

## บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
19	ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ แบบสเต็มศึกษา .....	109
20	ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ .....	151
21	ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้ แบบสเต็มศึกษา .....	154
22	ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	155
23	ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัด การเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	158
24	ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ กับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัด การเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	160
25	ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ ที่ได้จากการทดลองใช้ (Try out) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ .....	162
26	ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความ เชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	165
27	ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 .....	169



## บัญชีตาราง (ต่อ)

<b>ตาราง</b>		<b>หน้า</b>
28	ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน .....	171
29	การวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน .....	173
30	ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้ แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย .....	175

## บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	8
2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	36
3 ปัจจัยพื้นฐานในการนำแนวคิด .....	37
4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม .....	39
5 บรรยายภาคในการทำกิจกรรมเมล็ดยางพาราแปลงร่าง โดยใช้แผน การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย .....	102
6 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมเมล็ดยางพาราแปลงร่าง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง ความเข้มข้น ของสารละลาย .....	102
7 บรรยายภาคในการทำกิจกรรมพลังงานทางเลือกไบโอดีเซล โดยใช้แผน การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ....	103
8 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมพลังงานทางเลือกไบโอดีเซล โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง ความเข้มข้นของ สารละลาย .....	103
9 บรรยายภาคในการทำกิจกรรมมหัศจรรย์เจลล้างมือสุดเจ๋ง โดยใช้แผน การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง การเตรียมสารละลาย .....	104
10 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมมหัศจรรย์เจลล้างมือสุดเจ๋ง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง การเตรียม สารละลาย .....	104
11 บรรยายภาคในการทำกิจกรรมสบู่เลมอน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ แบบสเต็มศึกษา เรื่อง การเตรียมสารละลาย .....	105
12 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมสบู่เลมอน โดยใช้แผน การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง การเตรียมสารละลาย .....	105

## บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
13 บรรยากาศในการทำกิจกรรมเย็นสุดขีดด้วยไฮดรอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย .....	106
14 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมเย็นสุดขีดด้วยไฮดรอกซีเมทิลเซลลูโลส โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย .....	106
15 กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	184
16 ไบโอดีเซล .....	186
17 สมการทั่วไปแสดงการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน .....	298
18 กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา .....	240
19 ไวรัสโคโรนา .....	251

# บทที่ 1

## บทนำ

### ภูมิหลัง

การจัดการเรียนการสอนต้องมีการพัฒนาอย่างเร่งด่วนเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของโลกในศตวรรษที่ 21 ส่งผลกระทบทั้งทางเศรษฐกิจ สังคม สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการศึกษาของทุกประเทศ ทำให้ทุกประเทศต้องมีการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์และการศึกษาอย่างรอบด้าน (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2557, หน้า 1) โดยเฉพาะประเทศกำลังพัฒนา มักให้ความสำคัญเกี่ยวกับการศึกษาเป็นลำดับแรกเนื่องจากระบบการศึกษาเปรียบเสมือนเครื่องมือในการขัดเกลาความรู้ความสามารถของคน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการสร้างสรรค์อนาคตของชาติให้เติบโตขึ้นมาอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงเป็นการขัดเกลาทางสังคม ทางด้านจิตใจ ความคิด และบุคลิกภาพ ให้มีความเหมาะสมกับการเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพ (สุดเฉลิม ศัสตราพฤกษ์, 2560, หน้า 101) ทักษะเพื่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 เน้นให้นักเรียนพึ่งพาตนเอง ครูต้องฝึกฝนตนเองให้มีทักษะในการเป็นโค้ช และอำนวยความสะดวกในการเรียนรู้ให้นักเรียน นอกจากนี้การเตรียมความพร้อมด้านกำลังคนให้มีคุณภาพในการเข้าสู่ระบบเศรษฐกิจ ทักษะที่จำเป็นต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 คือ 3R7C โดย 3R ประกอบด้วย ความสามารถอ่านออก เขียนได้ และมีทักษะในการคำนวณ ส่วน 7C ประกอบด้วย ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และทักษะในการแก้ปัญหา ทักษะด้านการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรมต่างกระบวนทัศน์ ทักษะด้านความร่วมมือการทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ ทักษะด้านการสื่อสารสารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร รวมถึงการมีหลักธรรมที่ดีในการดำรงชีวิต ดังนั้นการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 จะเป็นการกำหนดแนวทางในการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นที่องค์ความรู้ ทักษะความเชี่ยวชาญ และสมรรถนะที่เกิดขึ้นกับตัวนักเรียน (วิจารณ์ พานิช, 2555, หน้า 19)

นอกจากนี้ การเรียนรู้ต้องมุ่งปลูกฝังจิตสำนึกที่ถูกต้อง รู้จักรักษาและส่งเสริมสิทธิหน้าที่ เสรีภาพความเคารพกฎหมาย ความเสมอภาคและศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ ดังพระราชบัญญัติ การศึกษาแห่งชาติ พุทธศักราช 2542 หมวด 1 บททั่วไป ความมุ่งหมายและหลักการ มาตรา 6 การจัดการศึกษาต้องเป็นไปเพื่อพัฒนาคนไทยให้เป็นมนุษย์ที่สมบูรณ์ทั้งร่างกาย จิตใจ สติปัญญา ความรู้ และคุณธรรม มีจริยธรรมและวัฒนธรรมในการดำรงชีวิต สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2545, หน้า 5) ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตร แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ได้ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์หิววิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญ ทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะ ในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้า และสร้างองค์ความรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลายและประจักษ์ พยานที่ตรวจสอบได้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 1)

จากผลการประเมิน PISA ของประเทศไทย แนวโน้มผลการประเมิน PISA 2000 จนถึง PISA 2015 พบว่า ผลการประเมินทั้ง 3 ด้าน คือ การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ มีแนวโน้มลดลง แม้ว่าช่วง PISA 2009 ถึง PISA 2012 ผลการประเมิน ด้านวิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์ จะมีแนวโน้มสูงขึ้น แต่ใน PISA 2015 ทั้ง 3 ด้าน กลับมีคะแนนลดลงจาก PISA 2012 โดยการอ่านเป็นด้านที่มีคะแนนลดลง มากที่สุด (ลดลง 32 คะแนน) รองลงมา คือ วิทยาศาสตร์ (ลดลง 23 คะแนน) ซึ่งทั้งสอง ด้านลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้นด้านคณิตศาสตร์ (ลดลง 11 คะแนน) (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559, หน้า 4) Dr.Stephan Vincent-Lancrin ผู้อำนวยการโครงการวิจัย Fostering Creative and Critical Thinking Skills in Education องค์การ OECD กล่าวว่า ความสำเร็จ จากผลการวิจัยในโครงการนี้ ทำให้องค์การ OECD และประเทศสมาชิกมีความมั่นใจมาก ขึ้นว่า ทักษะความคิดสร้างสรรค์สามารถพัฒนาได้ภายใต้ความหลากหลายของระบบ การศึกษาและวัฒนธรรมของแต่ละประเทศ คณะกรรมการบริหารโครงการ PISA จึงมีมติ ให้มีการเพิ่มการสอบ PISA ด้านความคิดสร้างสรรค์ในการสอบ PISA ครั่งถัดไปในปี 2022 (ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2564, หน้า 2) และสำหรับผลการทดสอบการศึกษาขั้นพื้นฐานระดับชาติ (Ordinary

National Educational Test: O-NET) ผลการประเมินคะแนนรายวิชาวิทยาศาสตร์  
โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยาของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2562  
โดยเฉพาะ เรื่อง สารและสมบัติของสาร พบว่ามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 28 ซึ่งมีคะแนนน้อย  
เพราะการพัฒนาประเทศให้เจริญก้าวหน้าขึ้น นักเรียนต้องมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 50  
เพื่อพัฒนามนุษย์ให้เป็นผู้สร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดง  
ให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน ต้องได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน  
เพื่อทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก และประเทศพัฒนาก้าวหน้าต่อไป  
(สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2562, หน้า 2-11)

ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นอีกทักษะทางการคิดอย่างหนึ่งที่จะนำไปสู่การสร้าง  
นวัตกรรมในอนาคตได้ ด้วยเหตุนี้ความคิดสร้างสรรค์จึงมีความสำคัญ และถูกจัดอยู่ใน  
ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ของทักษะในศตวรรษ  
ที่ 21 และเป็นทักษะที่คนไทยควรพัฒนา ครูผู้สอนต้องตระหนักถึงความสำคัญของทักษะ  
ความคิดสร้างสรรค์ และจำเป็นต้องส่งเสริมพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถทั้งด้าน  
ความรู้ควบคู่ไปกับการคิดสร้างสรรค์ เพื่อจะนำไปสู่ทักษะการผลิตและคิดค้นนวัตกรรม  
(Productivity and Innovation) ได้ ดังนั้นความคิดสร้างสรรค์จึงมีความสัมพันธ์กับการสร้าง  
นวัตกรรมที่สามารถนำไปพัฒนาประเทศในอนาคต ด้วยเหตุนี้นักเรียนซึ่งถือว่าเป็นพลเมือง  
ของประเทศในอนาคตจำเป็นต้องได้รับการปลูกฝัง และได้รับการพัฒนาความคิด  
สร้างสรรค์ด้วยกระบวนการสอนที่เหมาะสม (สมรัก อินทวิมลศรี, สกลรัตน์ แก้วดี  
และสิทธิพร ภัทรดิลการ์ตน์, 2562, หน้า 411-412) อีกทั้งหลักสูตรแกนกลางการศึกษา  
ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้กำหนดสมรรถนะที่สำคัญ 5 ประการ ได้แก่  
ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในการแก้ปัญหา  
ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี ซึ่งความสามารถ  
ในการคิดจะส่งเสริมการคิดอย่างสร้างสรรค์ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิด  
คล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้  
หรือสารสนเทศให้กับนักเรียน และสามารถดำรงชีวิตในสังคมได้อย่างมีความสุข ด้วยเหตุนี้  
นักเรียนซึ่งจะกลายมาเป็นพลเมืองของประเทศในอนาคตจำเป็นต้องได้รับการปลูกฝัง  
และได้รับการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ด้วยกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสม  
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 6-7)

การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) ศิลปะ (Art: A) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยเฉพาะวิชาศิลปะ ช่วยให้เด็กได้แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ และเกิดจินตนาการที่สามารถนำไปสู่การแสดงออกในรูปแบบต่าง ๆ (สุนารี ศรีบุญ และวิสูตร โพธิ์เงิน, 2562, หน้า 528) สเต็มศึกษาเป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้อีกรูปแบบหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 และส่งเสริมทักษะความคิดสร้างสรรค์ให้กับนักเรียน สเต็มศึกษาเป็นแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการแนวคิดหนึ่งที่ได้รับการสนับสนุนจากประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อสร้างนักวิทยาศาสตร์ที่มีความคิดสร้างสรรค์ และพัฒนานวัตกรรม แนวคิดนี้สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความคงทนในการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหา และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนได้ การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เข้ากับสถานการณ์ได้ และสามารถจดจำความรู้ได้ยาวนาน และการนำความรู้มาสร้างสรรค์ชิ้นงาน (สมรภัค อินทวิมลศรี, สกสรภัต แก้วดี และสิทธิพร ภัทรดิศกรรัตน์, 2562, หน้า 412-413) สอดคล้องกับงานวิจัยของพัตมาอัสไวณี ตาเย๊ะ, ณัฐินี โมพันธ์ และมัฮดี แวดราแม (2560, หน้า 2-4) กล่าวว่า สเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นการท่องจำเนื้อหาสาระแต่จะมุ่งเน้นหรือฝึกให้ผู้เรียนรู้จักการคิด และให้ความสำคัญกับกระบวนการในการนำความรู้ และประสบการณ์ที่เกิดจากการเรียนรู้นำไปใช้แก้ปัญหาในการดำเนินชีวิตจริง เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ความคิดสร้างสรรค์ และเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิต และการประกอบอาชีพในอนาคต

จากเหตุผลและความสำคัญดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษา การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และสมบัติบางประการของสารละลาย ซึ่งความรู้เรื่อง สารละลาย เป็นอีกปัจจัยหนึ่ง ที่มีผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และมีประโยชน์ต่อนักเรียน ฝึกให้ผู้เรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ เพื่อสร้างองค์ความรู้ และเป็นนักคิดค้นนวัตกรรมใหม่ ๆ สามารถมีทักษะการดำรงชีวิตในศตวรรษที่ 21 และประกอบอาชีพที่ดี มีคุณธรรม อีกทั้งช่วยทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงขึ้น

## คำถามของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดคำถามการวิจัยไว้ ดังนี้

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 หรือไม่
2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน หรือไม่
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน หรือไม่
4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา อยู่ในระดับใด

## ความมุ่งหมายของการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
4. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

## สมมติฐานของการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80



2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา อยู่ในระดับมาก

### ความสำคัญของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดความสำคัญของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย สำหรับใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สูงขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพ
2. เป็นแนวทางแก่ครู และบุคลากรทางการศึกษา ที่สนใจการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ได้นำความรู้ที่ได้จากการวิจัยในครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่น ๆ ต่อไป

### ขอบเขตของการวิจัย

#### 1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

เนื้อหาในการวิจัยในครั้งนี้ คือ เนื้อหาสาระกลุ่มการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สาระเคมี เรื่อง สารละลาย ซึ่งแบ่งเนื้อหาออกเป็นตอน ดังนี้

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| 1. ความเข้มข้นของสารละลาย     | จำนวน 6 ชั่วโมง |
| 2. การเตรียมสารละลาย          | จำนวน 5 ชั่วโมง |
| 3. สมบัติบางประการของสารละลาย | จำนวน 4 ชั่วโมง |

#### 2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

##### 2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา สำนักงาน  
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน  
13 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 495 คน

## 2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา สำนักงาน  
เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน  
1 ห้องเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่าง  
แบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

## 3. ตัวแปรที่ศึกษา

3.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

3.2 ตัวแปรตาม

3.2.1 ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

3.2.2 ความคิดสร้างสรรค์

3.2.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

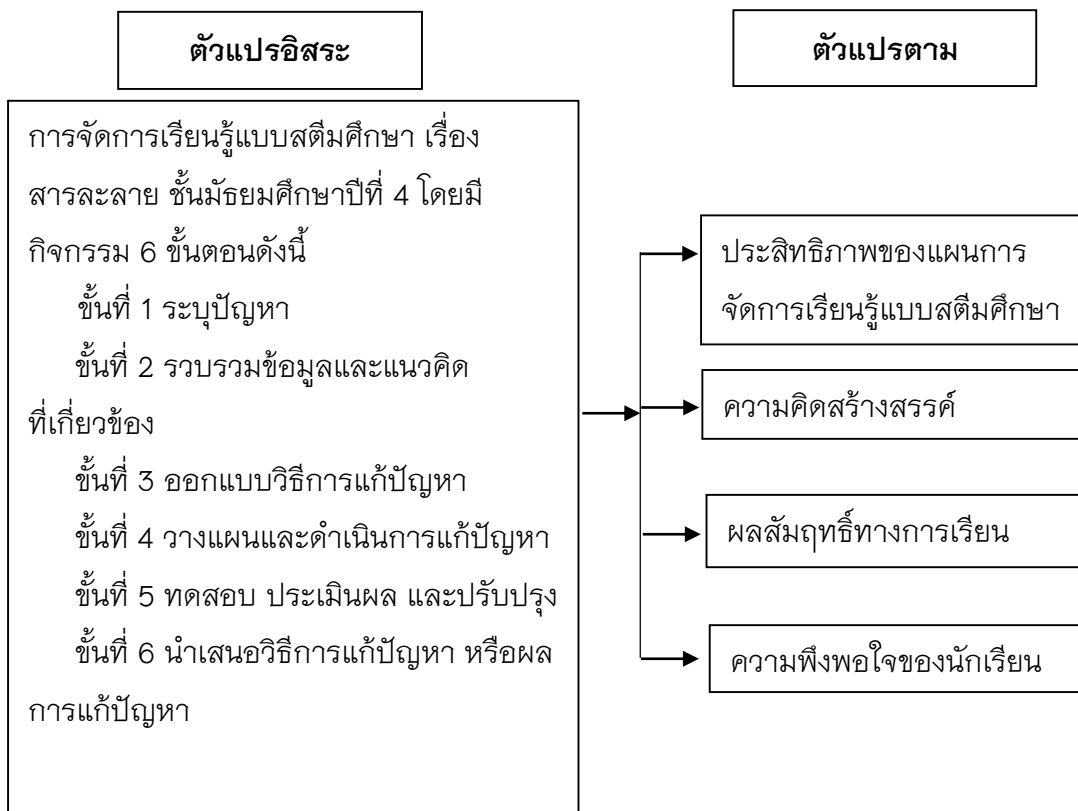
3.2.4 ความพึงพอใจของนักเรียน

## 4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองสอนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลา  
ในการทดลองสอน จำนวน 15 ชั่วโมง เวลาในการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน 2 ชั่วโมง  
รวมทั้งสิ้น 17 ชั่วโมง โดยผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง

## กรอบแนวคิดของการวิจัย

ในการวิจัยการพัฒนาคำคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## นิยามศัพท์เฉพาะ

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้กำหนดนิยามศัพท์เฉพาะ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา (STEAM Education) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริม

กระบวนการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีกิจกรรม 6 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ระบุปัญหา ครูยกสถานการณ์ตัวอย่างปัญหาในชีวิตประจำวันให้นักเรียนร่วมกันสังเกตและระดมความคิดระบุปัญหาที่เกิดขึ้น ในสถานการณ์ตัวอย่างที่ครูกำหนด

1.2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยให้นักเรียนค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สนใจว่า ในสภาพแวดล้อมหรือบริบทเหมือนกันหรือคล้ายกันกับปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน มีการศึกษาหรือแก้ไขมาบ้าง หรือไม่ ทำอย่างไรและได้ผลอย่างไร ค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ใด ด้วยวิธีใด เพื่อนำไปสู่การออกแบบชิ้นงาน

1.3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนคิดหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด โดยเน้นการฝึกความคิดสร้างสรรค์ให้นักเรียนระดมสมอง จากนั้นนักเรียนทำการออกแบบแนวคิดของแต่ละวิธีโดยเน้นแนวคิดที่สร้างสรรค์ มีความหลากหลาย แปลกใหม่ น่าสนใจ แล้วประเมินว่าควรจะเลือกวิธีแก้ปัญหาใดที่มีความเป็นไปได้ และดีที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติจริง

1.4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนเขียนแผนการปฏิบัติจากการร่างแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสม โดยจัดทำรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานเงื่อนไขเวลาที่ต้องดำเนินงานความสามารถของตนเอง ความเหมาะสมด้านเทคนิค ค่าใช้จ่าย และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจากนั้นให้นักเรียนดำเนินการตามแผน โดยบันทึกความสำเร็จตามแผน ปัญหาอุปสรรค และวิธีแก้ไข

1.5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง โดยให้นักเรียนทดสอบชิ้นงานและประเมินชิ้นงานโดยยึดว่า ได้ชิ้นงานเป็นรูปธรรมตามเป้าหมาย หรือไม่ ชิ้นงานนั้นมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการ และภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่แรก หรือไม่ จากผลการประเมินมีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่ หากจำเป็นต้องปรับปรุง จะต้องบันทึกสาเหตุของการปรับปรุงชิ้นงาน

1.6 นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนนำเสนออย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนของการทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด และการรวบรวมข้อมูลทำให้ได้เรียนรู้อะไร การออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยีและศิลปะอะไรที่ใช้ประโยชน์ในการ

สร้างชิ้นงานนี้ เกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างสร้างชิ้นงานอย่างไร ปรับแก้อย่างไร และผลลัพธ์สุดท้ายเป็นไปตามเป้าหมายและความต้องการ หรือไม่ และให้นักเรียนลงข้อสรุปให้ผู้ฟังเห็นชัดเจนว่า วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และศิลปะ นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างไร

2. ความคิดสร้างสรรค์ (Creative Thinking) หมายถึง ความสามารถในการคิดของนักเรียนมีลักษณะคิดหลายทิศทาง คิดได้กว้างไกล นำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ และสามารถสร้างชิ้นงานแบบใหม่ได้ โดยสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สารละลาย สารเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตนัยจำนวน 4 ข้อ โดยองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์คือ ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดละเอียดลออ (Elaboration)

2.1 ความคิดริเริ่ม หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบและเขียนคำตอบได้ โดยเป็นคำตอบที่แปลกใหม่ และคิดสิ่งที่ผิดแปลก ไปจากที่ผู้อื่นคิด โดยเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดประโยชน์ต่อนักเรียนและส่วนรวม ลักษณะการเป็นผู้มีความคิดริเริ่มเป็นลักษณะสำคัญของนักวิทยาศาสตร์ เพราะทำให้ค้นพบและประดิษฐ์สิ่งใหม่ ๆ อยู่ตลอดเวลา

2.2 ความคิดคล่องแคล่ว หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และได้คำตอบมากที่สุดในเวลาที่กำหนด หรือเป็นคนที่มีปฏิภาณไหวพริบดี

2.3 ความคิดยืดหยุ่น หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิด ในการค้นหาคำตอบได้หลายทิศทาง หลายแง่มุม หรือมองสถานการณ์ทุกอย่างได้หลายมิติ ทำให้สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี

2.4 ความคิดละเอียดลออ หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบสามารถคิดในรายละเอียดที่เป็นปลีกย่อยได้ดี เพื่อขยายหรือตกแต่งความคิดหลัก ให้ได้ความหมายที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คะแนนรวมของนักเรียน ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย สารเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวนทั้งหมด 30 ข้อ เวลาที่ใช้ในการทำข้อสอบ 1 ชั่วโมง

4. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ใช้เกณฑ์ 80/80 โดยคิดจากคะแนน 2 ส่วนดังนี้

80 ตัวแรก หมายถึง จำนวนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่ม ที่ได้จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนประจำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ทั้ง 5 แผน

80 ตัวหลัง หมายถึง จำนวนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่ม ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย หลังการทดลองเสร็จสิ้นลง

5. ความพึงพอใจ หมายถึง การแสดงออกถึงความรู้สึกหรือเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยวัดความพึงพอใจ 5 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหาสาระ การเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
  - 1.1 หลักการของหลักสูตร
  - 1.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร
  - 1.3 สมรรถนะสำคัญของนักเรียน
  - 1.4 คุณลักษณะอันพึงประสงค์
2. การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)
  - 2.1 ความสำคัญของวิทยาศาสตร์
  - 2.2 เป้าหมายของวิทยาศาสตร์
  - 2.3 สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
  - 2.4 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม
  - 2.5 คุณภาพนักเรียน
  - 2.6 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
  - 2.7 คำอธิบายรายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
3. การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
  - 3.1 ความหมายของสเต็มศึกษา
  - 3.2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสเต็มศึกษา
  - 3.3 จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
  - 3.4 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

### 3.5 การวัดและประเมินผลตามแบบสเต็มศึกษา

#### 4. ความคิดสร้างสรรค์

##### 4.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

##### 4.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

##### 4.3 วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์

##### 4.4 ความสัมพันธ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการจัด

#### การเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

#### 5. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

##### 5.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

##### 5.2 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์

##### 5.3 ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

##### 5.4 ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี

##### 5.5 การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

#### 6. ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

##### 6.1 ความหมายของประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

##### 6.2 การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

#### 7. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้

##### 7.1 ความหมายของความพึงพอใจ

##### 7.2 การวัดระดับความพึงพอใจ

#### 8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

##### 8.1 งานวิจัยในประเทศ

##### 8.2 งานวิจัยต่างประเทศ

## หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

### 1. หลักการของหลักสูตร

กระทรวงศึกษาธิการ (2551, หน้า 4-7) ได้กำหนดหลักการของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้



1.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

1.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

1.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพ และความต้องการของท้องถิ่น

1.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระ การเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

1.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

1.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

## 2. จุดมุ่งหมายของหลักสูตร

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมาย เพื่อให้เกิดกับนักเรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

2.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทย และพลเมืองโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์ และพัฒนาสิ่งแวดล้อมมีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์ และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

### 3. สมรรถนะสำคัญของนักเรียน

ในการพัฒนานักเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนานักเรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

3.1 ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผล และความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

3.2 ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

3.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงาน และการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

3.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

#### 4. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลเมืองโลก ดังนี้

- 4.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- 4.2 ซื่อสัตย์สุจริต
- 4.3 มีวินัย
- 4.4 ใฝ่เรียนรู้
- 4.5 อยู่อย่างพอเพียง
- 4.6 มุ่งมั่นในการทำงาน
- 4.7 รักความเป็นไทย
- 4.8 มีจิตสาธารณะ

#### การจัดการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560)

จากการศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) สรุปสาระสำคัญได้ ดังนี้

##### 1. ความสำคัญของวิทยาศาสตร์

ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 นี้ ได้กำหนดสาระการเรียนรู้ออกเป็น 4 สาระ ได้แก่ สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ สาระที่ 2 วิทยาศาสตร์กายภาพ สาระที่ 3 วิทยาศาสตร์โลกและอวกาศ และสาระที่ 4 เทคโนโลยี โดยมีสาระเพิ่มเติม 4 สาระ ได้แก่ สาระชีววิทยา สาระเคมี สาระฟิสิกส์ สาระโลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ องค์ประกอบของหลักสูตรทั้งในด้านของเนื้อหา

การจัดการเรียนการสอน และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ นั้นมีความสำคัญอย่างยิ่งในการวางรากฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนในแต่ละระดับชั้น ให้มีความต่อเนื่องเชื่อมโยงกัน ตั้งแต่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง ที่นักเรียนจำเป็นต้องเรียนเป็นพื้นฐาน เพื่อให้สามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตหรือศึกษาต่อในวิชาชีพที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์ได้ โดยจัดเรียงลำดับความยากง่ายของเนื้อหาแต่ละสาระ ในแต่ละระดับชั้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการเรียนรู้ และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดทั้งความคิด เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์วิจารณ์ มีทักษะที่สำคัญ ทั้งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 ในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สามารถแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจ โดยใช้ข้อมูลหลากหลาย และประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ตระหนักถึงความสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มุ่งหวังให้เกิดผลสัมฤทธิ์ต่อนักเรียนมากที่สุด จึงได้จัดทำตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ขึ้น เพื่อให้สถานศึกษา ครูผู้สอน ตลอดจนหน่วยงานต่าง ๆ ได้ใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาหนังสือเรียน คู่มือครู สื่อประกอบการเรียนการสอน ตลอดจนการวัดและประเมินผล โดยตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่จัดทำขึ้นนี้ ได้ปรับปรุง เพื่อให้มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันภายในสาระการเรียนรู้เดียวกัน และระหว่างสาระการเรียนรู้ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนการเชื่อมโยงเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์กับคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังได้ปรับปรุงเนื้อหาเพื่อให้มีความทันต่อการเปลี่ยนแปลง และความเจริญก้าวหน้าของวิทยาการต่าง ๆ เพื่อทัดเทียมกับนานาประเทศ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 1-2)

## 2. เป้าหมายของวิทยาศาสตร์

ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด เพื่อให้ได้ทั้งกระบวนการและความรู้ จากวิธีการสังเกต การสำรวจ

ตรวจสอบ การทดลอง แล้วนำผลที่ได้มาจัดระบบเป็นหลักการ แนวคิด และองค์ความรู้ การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายที่สำคัญ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 3) ดังนี้

- 2.1 เพื่อให้เข้าใจหลักการ ทฤษฎี และกฎที่เป็นพื้นฐาน  
ในวิชาวิทยาศาสตร์
- 2.2 เพื่อให้เข้าใจขอบเขตของธรรมชาติของวิชาวิทยาศาสตร์  
และข้อจำกัดในการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์
- 2.3 เพื่อให้มีทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าและคิดค้น  
ทางเทคโนโลยี
- 2.4 เพื่อให้ตระหนักถึงความสัมพันธ์ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์  
เทคโนโลยี มวลมนุษย์ และสภาพแวดล้อมในเชิงที่มีอิทธิพล และผลกระทบซึ่งกันและกัน
- 2.5 เพื่อนำความรู้ ความเข้าใจ ในวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไป  
ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและการดำรงชีวิต
- 2.6 เพื่อพัฒนากระบวนการคิดและจินตนาการ ความสามารถ  
ในการแก้ปัญหา และการจัดการทักษะในการสื่อสาร และความสามารถในการตัดสินใจ
- 2.7 เพื่อให้เป็นผู้ที่มีจิตวิทยาศาสตร์ มีคุณธรรม จริยธรรม  
และค่านิยมในการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์

### 3. สาระสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม นักเรียนจะได้เรียนรู้สาระสำคัญ  
(กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 128-129) ดังนี้

- 3.1 ชีววิทยา เรียนรู้เกี่ยวกับ การศึกษาชีววิทยา สารที่เป็นองค์ประกอบ  
ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ของสิ่งมีชีวิต พันธุกรรมและการถ่ายทอด วิวัฒนาการ ความหลากหลาย  
ทางชีวภาพ โครงสร้างและการทำงานของส่วนต่าง ๆ ในพืชดอก ระบบและการทำงานใน  
อวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ และสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- 3.2 เคมี เรียนรู้เกี่ยวกับปริมาณสาร องค์ประกอบและสมบัติของสาร  
การเปลี่ยนแปลงของสาร ทักษะและการแก้ปัญหาทางเคมี
- 3.3 ฟิสิกส์ เรียนรู้เกี่ยวกับธรรมชาติ และการค้นพบทางฟิสิกส์  
แรงและการเคลื่อนที่ และพลังงาน

3.4 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ เรียนรู้เกี่ยวกับโลกและกระบวนการเปลี่ยนแปลงทางธรณีวิทยา ข้อมูลทางธรณีวิทยาและการนำไปใช้ประโยชน์ การถ่ายโอนพลังงานความร้อนของโลกการเปลี่ยนแปลงลักษณะลมฟ้าอากาศกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ โลกในเอกภพ และดาราศาสตร์กับมนุษย์

#### 4. สารการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม นักเรียนจะได้เรียนรู้ทั้งหมด 4 สาร (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 129-131) ดังนี้

##### 4.1 สารชีววิทยา

4.1.1 เข้าใจธรรมชาติของสิ่งมีชีวิต การศึกษาชีววิทยาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิต ปฏิกริยาเคมีในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

4.1.2 เข้าใจการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม การถ่ายทอดยีนบนโครโมโซม สมบัติและหน้าที่ของสารพันธุกรรม การเกิดมิวเทชัน เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานข้อมูลและแนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ภาวะสมดุลงของฮาร์ดีไวน์เบิร์ก การเกิดสปีชีส์ใหม่ ความหลากหลายทางชีวภาพ กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และอนุกรมวิธาน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.1.3 เข้าใจส่วนประกอบของพืช การแลกเปลี่ยนแก๊ส และคายน้ำของพืช การลำเลียงของพืช การสังเคราะห์ด้วยแสง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการเจริญเติบโต และการตอบสนองของพืช รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.1.4 เข้าใจการย่อยอาหารของสัตว์และมนุษย์ รวมทั้งการหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส การลำเลียงสารและการหมุนเวียนเลือด ภูมิคุ้มกันของร่างกาย การขับถ่าย การรับรู้และการตอบสนอง การเคลื่อนที่ การสืบพันธุ์และการเจริญเติบโต ฮอร์โมนกับการรักษาดุลยภาพ และพฤติกรรมของสัตว์ รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.1.5 เข้าใจแนวคิดเกี่ยวกับระบบนิเวศ กระบวนการถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนสารในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่ของสิ่งมีชีวิตในระบบนิเวศ ประชากรและรูปแบบการเพิ่มของประชากร ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปัญหาและผลกระทบที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ และแนวทางการแก้ไขปัญหา

## 4.2 สารเคมี

4.2.1 เข้าใจโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ สมบัติของธาตุ พันธะเคมีและสมบัติของสาร แก๊สและสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ และพอลิเมอร์ รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.2.2 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี ปริมาณสัมพันธ์ในปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมี สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส ปฏิกิริยารีดอกซ์และเซลล์เคมีไฟฟ้า รวมทั้งการนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.2.3 เข้าใจหลักการปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน และการแก้ปัญหาทางเคมี

## 4.3 สารฟิสิกส์

4.3.1 เข้าใจธรรมชาติทางฟิสิกส์ ปริมาณและกระบวนการวัด การเคลื่อนที่แนวตรง แรงและกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน กฎความโน้มถ่วงสากล แรงเสียดทาน สมดุลกลของวัตถุ งานและกฎการอนุรักษ์พลังงานกล โมเมนตัม และกฎการอนุรักษ์โมเมนตัม การเคลื่อนที่แนวโค้งรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.3.2 เข้าใจการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย ธรรมชาติของคลื่นเสียงและการได้ยิน ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง แสงและการเห็น ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงรวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.3.3 เข้าใจแรงไฟฟ้าและกฎของคูลอมบ์ สนามไฟฟ้า ศักย์ไฟฟ้า ความจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกฎของโอห์ม วงจรไฟฟ้ากระแสตรง พลังงานไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทนเป็นพลังงานไฟฟ้า สนามแม่เหล็ก แรงแม่เหล็ก ที่กระทำกับประจุไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำ แม่เหล็กไฟฟ้า และกฎของฟาราเดย์ ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการสื่อสาร รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

4.3.4 เข้าใจความสัมพันธ์ของความร้อนกับการเปลี่ยนอุณหภูมิ และสถานะของสาร สภาพยืดหยุ่นของวัสดุ และโมดูลัสของยัง ความดันในของไหล แรงแผ่นตึง และหลักของอาร์คิมิดีส ความตึงผิวและแรงหนืดของของเหลว ของไหลอุดมคติ และสมการแบร์นูลลี กฎของแก๊ส ทฤษฎีจลน์ของแก๊สอุดมคติ และพลังงานในระบบ ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค

กัมมันตภาพรังสี แรงแวนเดอวาลส์ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ฟิสิกส์อนุภาค รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

#### 4.4 โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

4.4.1 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงภายในโลก ธรณีพิบัติภัย และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม การศึกษาลำดับชั้นหิน ทรัพยากรธรณี แผนที่ และการนำไปใช้ประโยชน์

4.4.2 เข้าใจสมดุลพลังงานของโลก การหมุนเวียนของอากาศ บนโลก การหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร การเกิดเมฆ การเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศโลก ผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม รวมทั้งการพยากรณ์อากาศ

4.4.3 เข้าใจองค์ประกอบ ลักษณะ กระบวนการเกิด และวิวัฒนาการของเอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ ความสัมพันธ์ของดาราศาสตร์กับมนุษย์จากการศึกษาตำแหน่งดาวบนทรงกลมฟ้า และปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ รวมทั้งการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

### 5. คุณภาพนักเรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาพุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ได้กำหนดคุณภาพของนักเรียนที่เรียนจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2560, หน้า 131-134) ไว้ดังนี้

5.1 เข้าใจวิธีการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นหาคำตอบเกี่ยวกับ สิ่งมีชีวิต สารที่เป็นองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตและปฏิกริยาเคมีภายในเซลล์ การใช้กล้องจุลทรรศน์ โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ การแบ่งเซลล์ และการหายใจระดับเซลล์

5.2 เข้าใจหลักการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิต การถ่ายทอดยีนบนออโตโซมและโครโมโซมเพศ โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของ ดีเอ็นเอ การจำลองดีเอ็นเอ กระบวนการสังเคราะห์โปรตีน การเกิดมิวเทชันในสิ่งมีชีวิต หลักการและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีทางดีเอ็นเอ หลักฐานและข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต แนวคิดเกี่ยวกับวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต เจือปนของภาวะสมดุลของฮาร์ดี-ไวน์เบิร์ก กระบวนการเกิดสปีชีส์ใหม่ของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ



กำเนิดของสิ่งมีชีวิต ลักษณะสำคัญของสิ่งมีชีวิตกลุ่มแบคทีเรีย โพรทิสต์ พืช พังไจ และ สัตว์ การจำแนกสิ่งมีชีวิตออกเป็นหมวดหมู่ และวิธีการเขียนชื่อวิทยาศาสตร์

5.3 เข้าใจโครงสร้างและส่วนประกอบของพืชทั้งราก ลำต้น และใบ การแลกเปลี่ยนแก๊ส การคายน้ำ การลำเลียงน้ำและธาตุอาหาร การลำเลียงอาหาร การสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช กระบวนการสร้างเซลล์ สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของพืชดอก การเกิดผลและเมล็ด บทบาทของสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืชและการประยุกต์ใช้ และการตอบสนองของพืช

5.4 เข้าใจกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต โครงสร้าง หน้าที่ และกระบวนการต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ได้แก่ การย่อยอาหาร การแลกเปลี่ยนแก๊ส การเคลื่อนที่ การกำจัดของเสียออกจากร่างกายของสิ่งมีชีวิต ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบภูมิคุ้มกันในร่างกายของมนุษย์ การทำงานของระบบประสาท และอวัยวะรับความรู้สึก ระบบสืบพันธุ์ การปฏิสนธิ การเจริญเติบโต ฮอร์โมน และพฤติกรรมของสัตว์

5.5 เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดพลังงานและการหมุนเวียนสาร ในระบบนิเวศ ความหลากหลายของไบโอม การเปลี่ยนแปลงแทนที่แบบต่าง ๆ ในระบบนิเวศ การเปลี่ยนแปลงจำนวนประชากรมนุษย์ในระดับท้องถิ่น ระดับประเทศ และระดับโลก แนวทางการป้องกันและแก้ไขปัญหาทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม

5.6 เข้าใจการศึกษาโครงสร้างอะตอมของนักวิทยาศาสตร์ การจัดเรียงอิเล็กตรอนในอะตอม สมบัติบางประการของธาตุและการจัดเรียงธาตุ ในตารางธาตุ พันธะเคมี สมบัติของสารที่มีความสัมพันธ์กับพันธะเคมี กฎต่าง ๆ ของแก๊ส และสมบัติของแก๊ส ประเภทและสมบัติของสารประกอบอินทรีย์ ประเภทและสมบัติของพอลิเมอร์

5.7 เข้าใจการเขียนและการดุลสมการเคมี การคำนวณปริมาณ สารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลในปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อสมดุลเคมี ทฤษฎีกรด-เบส สมบัติและปฏิกิริยาของกรด-เบส สารละลายบัฟเฟอร์ ปฏิกิริยารีดอกซ์ และเซลล์เคมีไฟฟ้า

5.8 เข้าใจข้อปฏิบัติเบื้องต้นเกี่ยวกับความปลอดภัยในการทำ ปฏิบัติการเคมี การเลือกใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ หน่วยวัด และการเปลี่ยนหน่วยวัดด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย การคำนวณเกี่ยวกับ

มวลอะตอม มวลโมเลกุล และมวลสูตร ความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวล และปริมาตรของแก๊สที่ STP การคำนวณสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย การเตรียมสารละลาย และการบูรณาการความรู้และทักษะ ในการอธิบายปรากฏการณ์ ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

5.9 เข้าใจธรรมชาติของฟิลิกส์ กระบวนการวัด ความสัมพันธ์ ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ การเคลื่อนที่ในแนวตรง แรงลัพธ์ กฎการเคลื่อนที่ แรงเสียดทาน กฎความโน้มถ่วงสากล สนามโน้มถ่วง งาน กฎการอนุรักษ์ พลังงานกล สมดุลกลของวัตถุ เครื่องกลอย่างง่าย โมเมนตัมและการดล กฎการอนุรักษ์ โมเมนตัม การชน และการเคลื่อนที่ในแนวโค้ง

5.10 เข้าใจการเคลื่อนที่แบบคลื่น ปรากฏการณ์คลื่น การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบนและการแทรกสอด หลักการของฮอยเกนส์ การเคลื่อนที่ของ คลื่นเสียง ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับเสียง ความเข้มเสียงและระดับเสียง การได้ยิน ภาพที่เกิดจากกระจกเงาและเลนส์ ปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับแสงและการมองเห็นแสงสี

5.11 เข้าใจสนามไฟฟ้า แรงไฟฟ้า กฎของคูลอมบ์ ศักย์ไฟฟ้า ตัวเก็บประจุ ตัวต้านทานและกฎของโอห์ม พลังงานไฟฟ้า การเปลี่ยนพลังงานทดแทน เป็นพลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีด้านพลังงาน สนามแม่เหล็ก ความสัมพันธ์ระหว่าง สนามแม่เหล็กกับกระแสไฟฟ้า การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และประโยชน์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

5.12 เข้าใจผลของความร้อนต่อสสาร สภาพยืดหยุ่น ความดัน ในของไหล แรงพุง ของไหลอุดมคติ ทฤษฎีจลน์ของแก๊ส แนวคิดควอนตัมของพลังงาน ทฤษฎีอะตอมของโบร์ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ทวิภาวะของคลื่นและอนุภาค การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี กัมมันตภาพ ปฏิกริยานิวเคลียร์ พลังงานนิวเคลียร์ ความสัมพันธ์ระหว่างมวลและพลังงาน แรงภายในนิวเคลียส และการค้นคว้าวิจัย ด้านฟิสิกส์อนุภาค

5.13 เข้าใจการแบ่งชั้นและสมบัติของโครงสร้างโลก สาเหตุ และรูปแบบการเคลื่อนที่ของแผ่นธรณีที่สัมพันธ์กับการเกิดลักษณะธรณีลักษณะ และธรณีโครงสร้างแบบต่าง ๆ หลักฐานทางธรณีวิทยาที่พบในปัจจุบันและการลำดับ เหตุการณ์ทางธรณีวิทยาในอดีต สาเหตุ กระบวนการเกิดแผ่นดินไหว ภูเขาไฟระเบิด สึนามิ ผลกระทบ แนวทางการเฝ้าระวัง และการปฏิบัติตนให้ปลอดภัย สมบัติและการจำแนก ชนิดของแร่ กระบวนการเกิดและการจำแนกชนิดหิน กระบวนการเกิดและการสำรวจแหล่ง

ปิโตรเลียมและถ่านหิน การแปลความหมายจากแผนที่ภูมิประเทศและแผนที่ธรณีวิทยา และการนำข้อมูลทางธรณีวิทยาไปใช้ประโยชน์

5.14 เข้าใจปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการรับและปลดปล่อยพลังงาน จากดวงอาทิตย์ กระบวนการที่ทำให้เกิดสมดุลพลังงานของโลก ผลของแรงเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ แรงคอริโอลิส แรงสู่ศูนย์กลาง และแรงเสียดทานที่มีต่อการหมุนเวียนของอากาศ การหมุนเวียนของอากาศตามเขตละติจูด และผลที่มีต่อภูมิอากาศ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการแบ่งชั้นน้ำ และการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร รูปแบบการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทร และผลของการหมุนเวียนของน้ำในมหาสมุทรที่มีต่อ ลักษณะลมฟ้าอากาศ สิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ระหว่างเสถียรภาพอากาศ และการเกิดเมฆ การเกิดแนวปะทะอากาศแบบต่าง ๆ และลักษณะลมฟ้าอากาศที่เกี่ยวข้อง ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศของโลก รวมทั้งการแปลความหมายสัญลักษณ์ลมฟ้าอากาศ และการพยากรณ์ลักษณะลมฟ้าอากาศเบื้องต้น จากแผนที่อากาศและข้อมูลสารสนเทศ

2.5.15 เข้าใจการกำเนิดและการเปลี่ยนแปลงพลังงาน สสาร ขนาด อุณหภูมิของเอกภพ หลักฐานที่สนับสนุนทฤษฎีบิกแบง ประเภทของกาแล็กซี โครงสร้าง และองค์ประกอบของกาแล็กซีทางช้างเผือก กระบวนการเกิดดาวฤกษ์ และการสร้างพลังงาน ของดาวฤกษ์ ปัจจัยที่ส่งผลต่อความส่องสว่างของดาวฤกษ์ และความสัมพัทธ์ระหว่างความส่องสว่างกับโชติมาตรของดาวฤกษ์ ความสัมพันธ์ระหว่างสี อุณหภูมิผิว และสเปกตรัมของดาวฤกษ์ วิธีการหาระยะทางของดาวฤกษ์ด้วยหลักการพารัลแลกซ์ วิวัฒนาการ และการเปลี่ยนแปลงสมบัติบางประการของดาวฤกษ์ กระบวนการเกิดระบบสุริยะ การแบ่งเขตบริวารของดวงอาทิตย์ ลักษณะของดาวเคราะห์ที่เอื้อต่อการดำรงชีวิต การโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ด้วยกฎเคปเลอร์ และกฎความโน้มถ่วงของนิวตัน โครงสร้างของดวงอาทิตย์ การเกิดลมสุริยะ พายุสุริยะและผลที่มีต่อโลก การระบุพิกัดของดาวในระบขอบฟ้า และระบบศูนย์สูตร เส้นทางการขึ้นการตกของดวงอาทิตย์ และดาวฤกษ์ เวลาสุริยคติและการเปรียบเทียบเวลาของแต่ละเขตเวลาบนโลก การสำรวจจวอภาคและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอวกาศ

5.16 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนด ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

5.17 ตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหาที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้ และความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์ ที่แสดงให้เห็นถึงการใช้ความคิดระดับสูงที่สามารถสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและเชื่อถือได้ สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ออกแบบวิธีการสำรวจตรวจสอบตามสมมติฐานที่กำหนดไว้ได้อย่างเหมาะสม มีหลักฐานเชิงประจักษ์เลือกวัสดุ อุปกรณ์ รวมทั้งวิธีการในการสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งในเชิงปริมาณ และคุณภาพ และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบ

5.18 วิเคราะห์ แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อสรุปเพื่อตรวจสอบกับสมมติฐานที่ตั้งไว้ ให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ จัดกระทำข้อมูลและนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม สื่อสารแนวความคิดความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดยการพูด เขียน จัดแสดงหรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจโดยมีหลักฐานอ้างอิงหรือมีทฤษฎีรองรับ

5.19 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้อง เชื่อถือได้ มีเหตุผล และยอมรับได้ว่าความรู้ทางวิทยาศาสตร์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้

5.20 แสดงถึงความพอใจและเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้ ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

5.21 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยี ประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

5.22 ตระหนักถึงความสำคัญและเห็นคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่องอ้างอิงผลงาน ชื่นงานที่เป็นผลมาจากภูมิปัญญาท้องถิ่น และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย ศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

5.23 แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้ และรักษาทรัพยากรธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติ กับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

## 6. ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

รายวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 สอดคล้องกับ มาตรฐานการเรียนรู้ ข้อที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) กระทรวงศึกษาธิการ (2560, หน้า 186-188) ดังนี้

### สาระเคมี

มาตรฐานการเรียนรู้ ข้อที่ 3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบาย ปรัชญาการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี สำหรับผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเคมี มาตรฐานการเรียนรู้ ข้อที่ 3 ดังแสดงในตาราง 1

ตาราง 1 ผลการเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้รายวิชาเคมี มาตรฐานการเรียนรู้ ข้อที่ 3

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
ม.4	1. บอก และอธิบายข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนักรู้ในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้มีความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การทำปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงความปลอดภัย และความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงควรศึกษาข้อปฏิบัติของการทำปฏิบัติการเคมี เช่น ความปลอดภัยในการใช้อุปกรณ์ และสารเคมี การป้องกันอุบัติเหตุ ระหว่างการทดลอง การกำจัดสารเคมี</li> </ul>
	2. เลือก และใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือ ในการทำปฏิบัติการ และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม	<ul style="list-style-type: none"> <li>• อุปกรณ์และเครื่องมือซึ่ง ตวง วัดแต่ละชนิดมีวิธีการใช้งาน และการดูแลแตกต่างกัน ซึ่งการวัดปริมาณต่าง ๆ ให้ได้ข้อมูลที่มีความเที่ยงและความแม่นยำในระดับนัยสำคัญที่ต้องการ ต้องมีการเลือก และใช้อุปกรณ์ในการทำปฏิบัติการอย่างเหมาะสม</li> </ul>
ม.4	3. นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียนรายงานการทดลอง	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การทำปฏิบัติการเคมีต้องมีการวางแผนการทดลอง การทำการทดลอง การบันทึกข้อมูล สรุปและวิเคราะห์ นำเสนอข้อมูล และการเขียนรายงานการทดลองที่ถูกต้อง โดยการทำให้ปฏิบัติการเคมีต้องคำนึงถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์</li> </ul>
	4. ระบุหน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วยในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การทำปฏิบัติการเคมีต้องมีการวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร การบอกปริมาณของสาร อาจารย์อยู่ในหน่วยต่าง ๆ</li> </ul>

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
		<p>ดังนั้น เพื่อให้มีมาตรฐานเดียวกัน จึงมีการกำหนดหน่วยในระบบเอสไอ ให้เป็นหน่วยสากล ซึ่งการเปลี่ยนหน่วย เพื่อให้เป็นหน่วยสากล สามารถทำได้ ด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย</p>
ม.4	<p>5. บอกความหมายของมวลอะตอม ของธาตุ และคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ย ของธาตุ มวลโมเลกุลและมวลสูตร</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• มวลอะตอมของธาตุ เป็นมวล ของธาตุ 1 อะตอม ซึ่งเป็นผลรวม ของมวลโปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แต่เนื่องจาก อิเล็กตรอนมีมวลน้อยมาก เมื่อเทียบกับโปรตอนและนิวตรอน ดังนั้น มวลอะตอมจึงมีค่าใกล้เคียง กับผลรวมของมวลโปรตอนและนิวตรอน</li> <li>• มวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ เป็นค่าเฉลี่ยจากค่ามวลอะตอม ของแต่ละไอโซโทปของธาตุนั้นๆ ตามปริมาณที่มีในธรรมชาติ</li> <li>• มวลโมเลกุลและมวลสูตร เป็นผลรวมของมวลอะตอมเฉลี่ย ของธาตุ ที่เป็นองค์ประกอบของสารนั้น</li> </ul>
	<p>6. อธิบาย และคำนวณปริมาณใด ปริมาณหนึ่ง จากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวลและปริมาตรของ แก๊สที่ STP</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• โมลเป็นปริมาณสารที่มีจำนวน อนุภาคเท่ากับเลขอาโวกาโดร คือ <math>6.02 \times 10^{23}</math> อนุภาค มวลของสาร 1 โมล ที่มีหน่วยเป็นกรัม เรียกว่า มวลต่อโมล ซึ่งมีค่าตัวเลขเท่ากับ มวลอะตอมมวลโมเลกุลหรือมวลสูตร</li> </ul>

ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
		ของสารนั้น สำหรับสารที่มีสถานะแก๊ส 1 โมล จะมีปริมาตรเท่ากับ 22.4 ลูกบาศก์เดซิเมตร ที่ STP
ม.4	7. กำหนดอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบตามกฎสัดส่วนคงที่	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สารประกอบเกิดจากการรวมตัวของธาตุ ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยมีอัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบคงที่เสมอ ตามกฎสัดส่วนคงที่</li> </ul>
	8. กำหนดสูตรอย่างง่ายและสูตรโมเลกุลของสาร	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สูตรเคมีสามารถแสดงได้ด้วยสูตรเอมพิริคัลหรือสูตรอย่างง่าย และสูตรโมเลกุล ซึ่งสูตรอย่างง่ายคำนวณได้จากร้อยละโดยมวล และมวลอะตอมของธาตุองค์ประกอบ และถ้าทราบมวลโมเลกุลของสารจะสามารถคำนวณสูตรโมเลกุลได้</li> </ul>
	9. กำหนดความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สารที่พบในชีวิตประจำวันจำนวนมากอยู่ในรูปของสารละลาย การบอกปริมาณของสารในสารละลายสามารถบอกเป็นความเข้มข้นในหน่วยร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล</li> </ul>
	10. อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด	<ul style="list-style-type: none"> <li>• การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายตามที่กำหนด ทำได้โดยการละลายตัวละลายที่เป็นสารบริสุทธิ์ในตัวทำละลายหรือนำสารละลาย</li> </ul>



ตาราง 1 (ต่อ)

ชั้น	ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้
		ที่มีความเข้มข้นมาเจือจาง ด้วยตัวทำละลาย โดยปริมาณของสาร ที่ใช้ขึ้นอยู่กับความเข้มข้นและปริมาตร ของสารละลายที่ต้องการ
ม.4	11. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือก แข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือก แข็งของสารละลาย	<ul style="list-style-type: none"> <li>• สารละลายมีจุดเดือดและจุดเยือก แข็ง แตกต่างไปจากสารบริสุทธิ์ที่เป็น ตัวทำละลายในสารละลายโดยสมบัติ ที่เปลี่ยนแปลงไปขึ้นอยู่กับปริมาณ ของตัวทำละลายในตัวทำละลาย และชนิดของตัวทำละลาย</li> </ul>

จากตาราง 1 ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม รายวิชาเคมี  
ภาคเรียนที่ 2 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ข้อที่ 3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษา  
ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) สามารถเขียนคำอธิบาย  
รายวิชาและกำหนดหน่วยการเรียนรู้ รายวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ได้ดังนี้

### 7. คำอธิบายรายวิชาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ศึกษาเกี่ยวกับข้อปฏิบัติเบื้องต้น และปฏิบัติตนที่แสดงถึงความตระหนัก  
ในการทำปฏิบัติการเคมีเพื่อให้เกิดความปลอดภัยทั้งต่อตนเอง ผู้อื่นและสิ่งแวดล้อม  
และเสนอแนวทางแก้ไขเมื่อเกิดอุบัติเหตุ ใช้อุปกรณ์หรือเครื่องมือในการทำปฏิบัติการ  
และวัดปริมาณต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม นำเสนอแผนการทดลอง ทดลองและเขียน  
รายงานการทดลอง หน่วยวัดปริมาณต่าง ๆ ของสาร และเปลี่ยนหน่วยวัดให้เป็นหน่วย  
ในระบบเอสไอด้วยการใช้แฟกเตอร์เปลี่ยนหน่วย ความหมายของมวลอะตอมของธาตุ  
และคำนวณมวลอะตอมเฉลี่ยของธาตุ มวลโมเลกุลและมวลสูตร คำนวณปริมาณใด  
ปริมาณหนึ่ง จากความสัมพันธ์ของโมล จำนวนอนุภาค มวลและปริมาตรของแก๊สที่ STP  
อัตราส่วนโดยมวลของธาตุองค์ประกอบของสารประกอบ ตามกฎสัดส่วนคงที่  
สูตรอย่างง่าย และสูตรโมเลกุลของสาร ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

ความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด จุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย

โดยใช้กระบวนการและทักษะทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการคิด

การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจตรวจสอบ การสืบค้นข้อมูล การบันทึก การเปรียบเทียบ จัดกลุ่มข้อมูล การอภิปราย การตั้งคำถามในการเรียนรู้ การสรุป และการนำเสนอข้อมูล

เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีทักษะทางวิทยาศาสตร์

มีความสามารถในการตัดสินใจ ความสามารถในการคิดและแก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

ผู้วิจัยได้จัดทำหน่วยการเรียนรู้จากคำอธิบายรายวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 2

ตาราง 2 หน่วยการเรียนรู้ รายวิชาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
4	หน่วยที่ 4 โมลและสูตรเคมี 4.1 มวลอะตอม 4.2 โมล 4.3 สูตรเคมี	20
5	หน่วยที่ 5 สารละลาย 5.1 ความเข้มข้นของสารละลาย 5.2 การเตรียมสารละลาย 5.3 สมบัติบางประการของสารละลาย	15
6	หน่วยที่ 6 ปริมาณสัมพันธ์ 6.1 ปฏิกิริยาเคมี 6.2 สมการเคมี 6.3 การคำนวณปริมาณสารในปฏิกิริยาเคมี 6.4 สารกำหนดปริมาณ 6.5 ผลได้ร้อยละ	25
	รวมทั้งสิ้น	60

หมายเหตุ ผู้วิจัยนำหน่วยการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง สารละลาย มาใช้ในการวิจัยครั้งนี้

## การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

### 1. ความหมายของสเต็มศึกษา

สุนารี ศรีบุญ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2562, หน้า 528) ได้ให้ความหมายของสเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้ เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยเฉพาะวิชาศิลปะ เป็นการช่วยให้เด็กได้แสดงออกถึงความคิดสร้างสรรค์ และเกิดจินตนาการที่สามารถนำไปสู่การแสดงออกในรูปแบบต่าง ๆ

สุภัค โอฬารพิริยกุล (2562, หน้า 3) ได้ให้ความหมายของสเต็มศึกษาเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ มาจัดการเรียนรู้โดยเน้นให้นักเรียนได้ลงมือกระทำและพัฒนาทักษะต่าง ๆ มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสนใจใคร่รู้ แสวงหาคำตอบด้วยตนเอง และบูรณาการทักษะที่จำเป็นมาใช้ในการดำรงชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้ เริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาให้นักเรียนได้คิดค้น และค้นหาคำตอบ แสวงหาเหตุผลในการแก้ปัญหา และลงมือสร้างสรรค์ผลงานหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ

สมรภัค อินทวิมลศรี, สกมลรัชต์ แก้วดี และสิทธิพร ภัทรดีลภรณ์ (2562, หน้า 412-413) ได้ให้ความหมายของสเต็มศึกษา เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ 5 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์

ดังนั้น จากความหมายของสเต็มศึกษาในข้างต้น สรุปได้ว่า สเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา

### 2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสเต็มศึกษา

Yakman, G. & Lee, H. (2012, pp. 1073-1076) เป็นนักวิจัยและผู้ก่อตั้งสเต็มศึกษา (STEAM Education) ในปี 2007 ได้พัฒนากรอบงานและเริ่มดำเนินการในปี 2008 ในฐานะครูวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น รวมทั้งเป็นประธานขององค์การการสอบภาครัฐและครูแห่งปี ร่วมกับกลุ่มเทคโนโลยีระดับภูมิภาค กรอบในการทำงาน คือ รวมแนวคิดทุกวิชาที่เกี่ยวข้องกับแต่ละศาสตร์

และสอดคล้องกับโลกที่มีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว (ศตวรรษที่ 21) เพื่อการพัฒนาทักษะการเรียนรู้ตลอดชีวิตตามความเป็นจริงที่เรียกว่า “การรู้หนังสือแบบ Functional Literature” ซึ่งหมายถึง การเรียนรู้และการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และบูรณาการวิศวกรรมศาสตร์และภาษาศาสตร์ (สังคมศาสตร์และดนตรี รวมทั้งศิลปกรรม) ซึ่งทั้งหมดนี้มีพื้นฐานอยู่ในองค์ประกอบทางคณิตศาสตร์ รวมถึงการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบสเต็มศึกษามีทั้งในโรงเรียนนานาชาติของประเทศสิงคโปร์ที่มีการเรียนการสอนที่ทันสมัย และเป็นอันดับต้น ๆ ของภูมิภาคอาเซียนโดยนำแนวการสอนแบบสเต็มศึกษาที่เกี่ยวข้องกับทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 มาปรับใช้เพื่อให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ และนำศิลปะมาเชื่อมโยงกับวิชาแกนหลักที่เป็นสายวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดผลลัพธ์ที่ดีขึ้น

วิสูตร โพธิ์เงิน (2560, หน้า 325) ได้อธิบายว่า สเต็มศึกษา พัฒนามาจากสะเต็มศึกษา เป็นแนวทางการจัดการศึกษา ที่มุ่งเน้นการจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยสถาบันวิทยาศาสตร์แห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (The National Sciences Foundation: NSF) เป็นผู้ริเริ่มใช้คำดังกล่าว ซึ่งทั้ง 4 สาขาวิชาที่กล่าวมาข้างต้นนั้นไปก่อน โดยทั่วไปแล้วนั้นจะจัดการเรียนการสอนแยกตามสาขาวิชา ซึ่งต่างจากหลักการของสะเต็มศึกษา นั้นจะนำสาขาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชามาบูรณาการเป็นส่วนหนึ่ง ในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้เทคโนโลยี หรือผสมผสานเทคโนโลยีในบางส่วน โดยส่งเสริมให้เกิดความคิดสร้างสรรค์และหาวิธีใหม่ในการแก้ปัญหา และนำไปประยุกต์ต่อสิ่งที่เรียนรู้ต่อไปได้ การจัดการศึกษาสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีบูรณาการ ในระดับหลักสูตร หรือรายวิชา ซึ่งเนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องไม่จำเป็นต้องมีสัดส่วนเท่ากัน อาจจะเน้นเรื่องใดเรื่องหนึ่งและบูรณาการวิชาอื่น ๆ ไปพร้อมกัน จากแนวคิดสะเต็มศึกษา ได้มีผู้ศึกษาและพัฒนาต่อขยายแนวคิดดังกล่าว ได้แก่ Georgette Yakman นักวิชาการชาวอเมริกา ได้ทำการพัฒนา แนวทางการจัดการศึกษาจากสะเต็มศึกษา เป็นสเต็มศึกษา โดยเพิ่มตัวอักษร "A" เข้ามา โดยที่ตัวอักษร "A" หมายถึง Arts หรือ ศิลปะ ไม่ใช่เฉพาะ ทางด้านศิลปกรรมเท่านั้น ยังรวมถึงเรื่องของภาษา วรรณกรรม ปรัชญาจิตวิทยา สังคมและมนุษย์อีกด้วย โดย Georgette Yakman ได้จำแนกหลักสเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

วิทยาศาสตร์ เน้นเกี่ยวกับความเข้าใจในธรรมชาติ โดยใช้วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการสืบเสาะ (Inquiry-Based Science Teaching) กิจกรรมการสอนแบบแก้ปัญหา (Scientific Problem-Based Activities)

เทคโนโลยี เป็นวิชาที่เกี่ยวกับกระบวนการ แก้ปัญหา ปรับปรุง พัฒนาสิ่งต่าง ๆ หรือกระบวนการต่าง ๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของคนเรา โดยผ่านกระบวนการทำงานทางเทคโนโลยี

วิศวกรรมศาสตร์ เป็นวิชาที่ว่าด้วยการคิดสร้างสรรค์ พัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ ให้กับนักเรียนและนักศึกษาโดยใช้ ความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ศิลปะ สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และฝึกให้นักเรียนใช้เหตุผลในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างศิลปะที่เน้นการคิดเชิงสร้างสรรค์และวิทยาศาสตร์ที่เน้นการคิดเชิงวิชาการ ส่งผลให้นักเรียนเกิดความคงทนในการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น

คณิตศาสตร์ เป็นวิชาที่มีได้หมายถึงการนับจำนวนเท่านั้น แต่เกี่ยวกับองค์ประกอบอื่นที่สำคัญ ประการแรก คือกระบวนการคิดคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งได้แก่การเปรียบเทียบการจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแบบรูป และการบอกรูปร่าง

### 3. จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

งานวิจัยต่าง ๆ กล่าวถึง จุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ซึ่ง สุภัค โอฬารพิริยกุล (2562, หน้า 1-15) และภิญโญ วงษ์ทอง (2562, หน้า 94-110) มีรายละเอียด ดังนี้

3.1 นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ สามารถแก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างชิ้นงานหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ โดยใช้สเต็มศึกษาเป็นพื้นฐาน

3.2 นักเรียนเรียนรู้อย่างมีความสุข และมองเห็นเส้นทางการประกอบอาชีพในศตวรรษที่ 21 ต่อไป

3.3 ผลสัมฤทธิ์ในการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และศิลปะสูงขึ้น

3.4 ครูสามารถออกแบบและจัดการเรียนการสอนแบบสเต็มศึกษาอย่างมั่นใจ และนักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ได้จริง

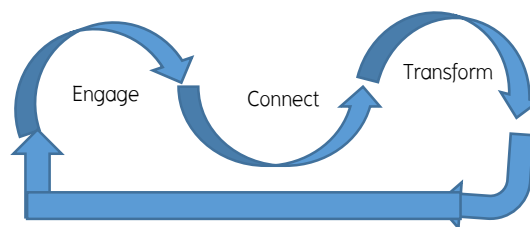
3.5 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้เสนอรูปแบบ การจัดการศึกษาแบบสเต็มศึกษา ที่เชื่อมโยงกับกลุ่มสาระอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพิ่มพูนโอกาสให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และศิลปะ ในบริบทที่หลากหลายมีความหมาย และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

3.6 ประเทศไทยจะมีแรงงานคนที่มีประสิทธิภาพ ช่วยยกระดับรายได้ของชาติให้สูงกว่าระดับรายได้ปานกลางในอนาคตต่อไป

ดังนั้น จากจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ในข้างต้นสรุปได้ว่า จุดมุ่งหมายการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้เพื่อตอบสนองความต้องการของการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ให้มีความสามารถทางด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งถือเป็นทรัพยากรสำคัญของการยกระดับความสามารถของประเทศ ในการแข่งขันกับประเทศอื่น ๆ อีกทั้งการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ยังเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะทางด้านความรู้ควบคู่ไปกับทักษะในการดำรงชีวิตที่จำเป็นต่อการใช้ชีวิต และการประกอบอาชีพอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุขต่อไป

#### 4. แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา จึงเป็นการตอบโจทยความต้องการของการเตรียมความพร้อมให้นักเรียนดำเนินชีวิตในศตวรรษที่ 21 โดยจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิด กระบวนการแก้ปัญหา การบูรณาการ และประยุกต์สิ่งต่าง ๆ จนเกิดเป็นผลลัพธ์หรือผลผลิตของกระบวนการทำงาน โดยกระบวนการที่สามารถพัฒนาการเรียนรู้ที่ดีประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน คือ 1) การเริ่มต้นหรือเข้าถึง (Engage) 2) การเชื่อมต่อ (Connect) และ 3) การเปลี่ยนแปลง (Transform) และจะหมุนวนกลับเป็นวัฏจักร ดังภาพประกอบ 2 โดยสเต็มศึกษาเน้นให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ในการเรียนรู้ด้วยการเชื่อมโยงสภาพแวดล้อมที่มีคุณภาพ ผ่านการสำรวจ และการเชื่อมโยงเนื้อหาสาระต่าง ๆ ไปด้วยกัน ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนโดยมีกระบวนการ 3 ขั้นตอน ดังนี้ (สุภัค โอฟ้าพิริยกุล, 2562, หน้า 10-12)



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา (STEAM education)

ที่มา: สุภัค โอฟ้าพิริยกุล (2562, หน้า 10)

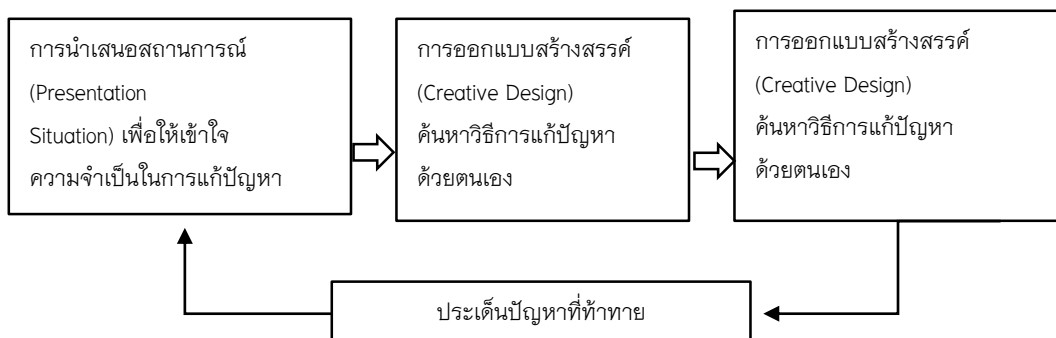
การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ควบคุมกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีกระบวนการ 3 ขั้นตอน ดังนี้ (Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity: KOFAC, 2012, pp. 1925–1936)

ขั้นที่ 1 การนำเสนอสถานการณ์ (Presentation Situation) เป็นการนำเสนอบริบทที่เชื่อมโยงกับชีวิตหรือสถานการณ์ที่เป็นปัญหาในปัจจุบัน เพื่อให้นักเรียนตระหนักและเชื่อมโยงกับโลกแห่งความเป็นจริง เพื่อให้มีข้อมูลพื้นฐานสำหรับการคิดขั้นต่อไป

ขั้นที่ 2 การออกแบบสร้างสรรค์ (Creative Design) เป็นการกระตุ้นให้นักเรียนได้สร้างสรรค์งานอย่างอิสระ โดยมุ่งเน้นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และทักษะการสื่อสารผ่านกิจกรรมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นซึ่งกันและกัน กระบวนการออกแบบความคิดสร้างสรรค์จะเริ่มต้นโดยนักเรียนกำหนดความต้องการและคุณค่าในสถานการณ์นั้น ๆ ผ่านลักษณะที่เฉพาะเจาะจง และเป็นประโยชน์กับกิจกรรมการเรียนรู้และนักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง

ขั้นที่ 3 การสร้างความจับใจ (Emotional Touch) เป็นการขยายขอบเขตของสิ่งที่ค้นพบ และเน้นเจตคติต่อการเรียนรู้และการได้รับประสบการณ์ ในการค้นหาคำตอบจากสถานการณ์ที่ได้เรียนรู้ ขั้นตอนนี้ยังช่วยให้นักเรียนพัฒนาการรับรู้ในด้านการแสดงออกและความเห็นอกเห็นใจผู้อื่น นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีในการค้นพบซึ่งจะทำให้นักเรียนมีความสนใจในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อีกทางหนึ่ง

ขั้นตอนทั้ง 3 เมื่อจบกระบวนการแล้วสามารถย้อนกลับมายังขั้นตอนที่ 1 ได้อีกครั้ง เมื่อมีประเด็นหรือข้อคำถามที่ท้าทายให้นักเรียนได้ค้นหาคำตอบใหม่ ดังภาพประกอบ 3



ภาพประกอบ 3 ปัจจัยพื้นฐานในการนำแนวคิด STEAM education

ที่มา: Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity: KOFAC, 2012, pp. 1925–1936

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้นำขั้นตอนที่กล่าวมานั้นมาปรับปรุง และพัฒนาให้มีความเหมาะสมต่อการจัดการเรียนรู้ของไทย โดยได้แบ่งขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ, 2557, ออนไลน์)

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ครูผู้สอนต้องกำหนดปัญหาหรือให้นักเรียนต้องทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์/นวัตกรรม (Innovation) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นขั้นตอนรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหามาวิเคราะห์ และสังเคราะห์เพื่อพิจารณาหาแนวทางที่เหมาะสม และประเมินความเป็นไปได้ ข้อดีและข้อเสียเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด
3. ออกแบบ วางแผน และพัฒนา (Plan and Develop) เป็นขั้นตอนดำเนินการออกแบบวิธีการแก้ปัญหา กำหนดขั้นตอนการดำเนินการ เป้าหมาย และระยะเวลาดำเนินการให้ชัดเจน พร้อมทดสอบแนวคิดที่จะใช้ในการแก้ปัญหา
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (Planning and Development) หลังจากที่ได้ออกแบบวิธีการ และกำหนดเค้าโครงของวิธีการแก้ปัญหาแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการพัฒนาต้นแบบ (Prototype) ของสิ่งที่ได้ออกแบบไว้ในขั้นตอนนี้ผู้แก้ปัญหาคงกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมาย และระยะเวลาในการดำเนินการ แต่ละขั้นตอนย่อยให้ชัดเจน
5. การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินผลงาน เพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้จากถูกนำมาปรับปรุง และพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาเพิ่มมากขึ้นก่อนนำไปเผยแพร่
6. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) เป็นขั้นตอนนำเสนอผลลัพธ์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้องโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่าย และน่าสนใจเพื่อให้เกิดการผลิต และการใช้งานในวงกว้างต่อไป





ภาพประกอบ 4 กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf>

ในการนำไปใช้ในชีวิตจริงหรือการทำงานไม่จำเป็นต้องมีลำดับที่แน่นอน โดยขั้นตอนทั้งหมดสามารถสลับไปมาหรือย้อนกลับขั้นตอนได้ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมแสดงได้ดังภาพประกอบ 4 เพื่อให้เห็นรายละเอียดที่ชัดเจนขึ้นของแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมมาผนวกกับการเรียนการสอนในชั้นเรียนเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียนนั้น ในขั้นตอนออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ผู้สอนสามารถจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประมวลความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากการสืบค้นและรวบรวมข้อมูล ประเมิน ตัดสินใจเลือก และใช้ความรู้เหล่านั้นเพื่อออกแบบวิธีการแก้ปัญหา ขั้นตอนนี้จะช่วยกระตุ้นการลงแนวคิดเบื้องต้นของนักเรียนได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ ยังเป็นการเปิดโอกาสให้ผู้สอนได้ตรวจสอบความเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และศิลปะ รวมถึงความสามารถในการประยุกต์ความรู้ดังกล่าวของนักเรียนได้ชัดเจนมากขึ้น อย่างไรก็ตาม การแก้ปัญหาหรือการสร้างสรรค์ชิ้นงานมักเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำและต่อเนื่อง จนกว่าจะสามารถแก้ปัญหาหรือสร้างสรรค์ชิ้นงานและนวัตกรรมใหม่ ๆ ได้

ดังนั้น จากแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาในข้างต้น สรุปได้ว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หมายถึง ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ออกเป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ระบุปัญหา ครูยกสถานการณ์ตัวอย่างปัญหาในชีวิตประจำวันให้นักเรียน ร่วมกันสังเกตและระดมความคิดระบุปัญหาที่เกิดขึ้น ในสถานการณ์ตัวอย่างที่ครูกำหนด
2. รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา โดยให้นักเรียนค้นคว้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สนใจว่า ในสภาพแวดล้อมหรือบริบทเหมือนกัน หรือคล้ายกัน กับปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน มีการศึกษาหรือแก้ไขมาบ้าง หรือไม่ ทำอย่างไรและ ได้ผลอย่างไร ค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ใด ด้วยวิธีใด เพื่อนำไปสู่การออกแบบชิ้นงาน
3. ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนคิดหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหา จากสถานการณ์ที่ครูกำหนด โดยเน้นการฝึกความคิดสร้างสรรค์ให้นักเรียนระดมสมอง จากนั้นนักเรียนทำการออกแบบแนวคิดของแต่ละวิธีโดยเน้นแนวคิดที่สร้างสรรค์ มีความหลากหลาย แปลกใหม่ น่าสนใจ แล้วประเมินว่าควรที่จะเลือกวิธีแก้ปัญหาใดที่มีความเป็นไปได้ และดีที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติจริง
4. วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนเขียนแผนการปฏิบัติ จากการร่างแนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสม โดยจัดทำรายละเอียดขั้นตอนการดำเนินงานเงื่อนไขเวลาที่ต้องดำเนินงานความสามารถ ของตนเอง ความเหมาะสมด้านเทคนิค ค่าใช้จ่าย และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องจากนั้นให้นักเรียน ดำเนินการตามแผน โดยบันทึกความสำเร็จตามแผน ปัญหาอุปสรรค และวิธีแก้ไข
5. ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุง โดยให้นักเรียนทดสอบชิ้นงาน และประเมินชิ้นงานโดยยึดว่า ได้ชิ้นงานเป็นรูปธรรมตามเป้าหมาย หรือไม่ ชิ้นงานนั้นมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการ และภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ตั้งแต่แรก หรือไม่ จากผลการประเมินมีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่ หากจำเป็นต้องปรับปรุง จะต้องบันทึก สาเหตุของการปรับปรุงชิ้นงาน
6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา โดยให้นักเรียนนำเสนอ อย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนของการทำความเข้าใจปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด และการรวบรวมข้อมูลทำให้ได้เรียนรู้อะไร การออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการใช้ วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยีและศิลปะอะไรที่ใช้ประโยชน์ ในการสร้างชิ้นงานนี้ เกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างสร้างชิ้นงานอย่างไร ปรับแก้อย่างไร

และผลลัพธ์สุดท้ายเป็นไปตามเป้าหมายและความต้องการ หรือไม่ และให้นักเรียน  
ลงข้อสรุปให้ผู้ฟังเห็นชัดเจนว่า วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และศิลปะ นำมาใช้  
ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้อย่างไร

## 5. การวัดและประเมินผลของสเต็มศึกษา

การวัดผลและประเมินผลของสเต็มศึกษานั้น เน้นการวัดและประเมินผล  
ในสภาพจริง ที่นักเรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งสามารถสะท้อนถึงความรู้  
ความคิด เจตคติ และความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน นอกจากนี้ข้อมูลที่ได้จาก  
การวัดผลและประเมินผลยังเป็นประโยชน์ต่อตัวนักเรียนและตัวผู้สอน ที่จะได้รับทราบ  
พัฒนาการความก้าวหน้าในการเรียนรู้ และความสำเร็ของนักเรียนว่าอยู่ในระดับใด  
มีจุดเด่นใดที่ควรส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มศักยภาพ และมีจุดอ่อนใดที่ควร  
ได้รับการพัฒนาและการแก้ไข รวมทั้งผู้สอนจะได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรม  
การเรียนรู้และปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และยังเป็น  
ประโยชน์ต่อผู้เกี่ยวข้อง เช่น ผู้ปกครองที่จะได้ใช้ข้อมูลจากการวัดและประเมินผลส่งเสริม  
และพัฒนานักเรียนให้พัฒนาเต็มตามศักยภาพตามความถนัด และความสนใจของแต่ละ  
บุคคล ซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผล ผู้วิจัยได้บูรณาการตามสถาบันส่งเสริมการสอน  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2560, หน้า 21-23) มีดังนี้

### 5.1 การประเมินจากสภาพจริง

การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) คือ การประเมิน  
ความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนจากการแสดงออก การกระทำหรือผลงานเพื่อสร้าง  
ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่นักเรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน  
ซึ่งสามารถ สะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงาน และ  
ความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริง  
จะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธี  
ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่สอดคล้องกับชีวิตจริง และต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้  
ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนได้

### 5.1.1 ลักษณะสำคัญของการประเมินจากสภาพจริง

5.1.1.1 การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอน และต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินหลาย ๆ วิธีที่ครอบคลุมพฤติกรรมหลาย ๆ ด้าน ในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

5.1.1.2 สามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน ศักยภาพของนักเรียนในแง่ของผู้ผลิต และกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่า ที่จะประเมินว่านักเรียนสามารถจดจำความรู้อะไรได้บ้าง

5.1.1.3 เป็นการประเมินที่มุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของนักเรียน ทั้งด้านความรู้พื้นฐานความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา การสื่อสาร เจตคติ ลักษณะนิสัยทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น

5.1.1.4 เป็นการประเมินที่ให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของนักเรียน ข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้าน และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของนักเรียนที่ควรจะให้ส่งเสริม และวินิจฉัยจุดด้อยที่จะต้องให้ความช่วยเหลือหรือแก้ไข เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาเต็มตามศักยภาพ ตามความสนใจ และความสามารถของแต่ละบุคคล

5.1.1.5 ข้อมูลที่ได้จากการประเมินจะสะท้อนให้เห็นถึง กระบวนการเรียนการสอน และการวางแผนการสอนของผู้สอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของการเรียนการสอน หรือไม่ ผู้สอนสามารถนำข้อมูลจากการประเมินมาปรับ กระบวนการนำเสนอเนื้อหา กิจกรรมและตัวแปรอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป

5.1.1.6 เป็นการประเมินที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักตัวเอง เชื่อมั่นในตนเองและสามารถพัฒนาตนเองได้

5.1.1.7 เป็นการประเมินที่ทำให้การเรียนการสอนมีความหมาย และเพิ่มความเชื่อมั่นได้ว่านักเรียนสามารถถ่ายโอนการเรียนรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

5.1.2 วิธีการและแหล่งข้อมูลที่ใช้เพื่อให้การวัดและประเมินผลได้สะท้อนความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน ผลการประเมินอาจจะได้มาจากแหล่งข้อมูล และวิธีการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 5.1.2.1 สังเกตการแสดงออกเป็นรายบุคคลหรือรายกลุ่ม
- 5.1.2.2 ชี้นำงาน ผลงาน รายงาน
- 5.1.2.3 การสัมภาษณ์
- 5.1.2.4 บันทึกของนักเรียน
- 5.1.2.5 การประชุมปรึกษาหารือร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู
- 5.1.2.6 การวัดและประเมินผลภาคปฏิบัติ
- 5.1.2.7 การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ
- 5.1.2.8 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้โดยใช้แฟ้มผลงาน
- 5.1.2.9 การทดสอบ

## 5.2 การวัดและการประเมินผลด้านความสามารถ

5.2.1 ความสามารถของนักเรียนประเมินได้จากการแสดงออก โดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริง และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริง หรือปฏิบัติงานได้จริง โดยประเมินจากกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูง และผลงานที่ได้

5.2.2 การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้ง การแสดงออก กระบวนการทำงานและผลผลิตของงานจะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

5.2.3 ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงาน วิธีการทำงาน ผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ ในการปฏิบัติงาน และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของนักเรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของนักเรียนดังตัวอย่างต่อไปนี้

5.1.3.1 การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญ มีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของนักเรียน นักเรียนต้องใช้ความรู้หลายด้าน ในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงาน และการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

5.1.3.2 การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้นักเรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงาน และเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มี

ประสิทธิภาพดีขึ้นการมอบหมายชิ้นงานให้นักเรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือ และทำข้อตกลงร่วมกันระหว่างผู้สอนและนักเรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของนักเรียน และการติดตามความก้าวหน้าของผู้สอน

5.1.3.3 การกำหนดตัวอย่างงานให้ และให้นักเรียนศึกษางานแล้ว ปฏิบัติตามขั้นตอนให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำใบโอดีเซล การทำเจลล้างมือแอลกอฮอล์ และการทำสบู่เลมอน

5.1.3.4 การสร้างสถานการณ์จำลองที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ของนักเรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้นักเรียนลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิด ระดับสูงในการแก้ปัญหา

5.1.3.5 การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมิน ตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบเนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังมีค่าจำเป็น เนื่องจากใช้วัดความสามารถ ทางด้านความรู้ความเข้าใจในหลักการต่าง ๆ ได้ ดังนั้นในกระบวนการประเมินจึงยังคงใช้ แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ความจำแต่จะมุ่งเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูง แบบทดสอบในลักษณะนี้ จะต้องสร้างสถานการณ์ให้นักเรียนตอบ และสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์ กับชีวิตจริงของนักเรียน

ดังนั้น จากการวัดและประเมินผลของสเต็มศึกษา ในช่วงต้น สรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลของสเต็มศึกษา หมายถึง การวัดและประเมินของสเต็มศึกษาผู้สอน ควรใช้การประเมินหลายครั้ง คือ ประเมินก่อนเรียน ระหว่างเรียน และประเมินหลังเรียน การประเมินระหว่างเรียนผู้สอนทำได้โดยการใช้คำถามการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน การประเมินตนเองและการประเมินจากเพื่อน และการบันทึกข้อมูลงานที่ทำเสร็จ ตามเป้าหมายที่กำหนดส่วนการประเมิน หลังเรียนผู้สอนสามารถประเมินชิ้นงานที่นักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติ

## ความคิดสร้างสรรค์

### 1. ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

Torrance, E.P. & Myers, R.E. (1962, p. 16) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิด ผลิตผล หรือสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่เคยรู้จักมาก่อน ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะเกิดจากการรวบรวมเอาความรู้ที่ได้จากประสบการณ์ของตนเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ ๆ และสิ่งใหม่ที่เกิดขึ้นอาจออกมาในรูปผลิตผลทางศิลปะ วรรณคดี วิทยาศาสตร์ หรืออื่น ๆ รวมทั้งอาจเป็นวิธีการหรือกระบวนการในการปฏิบัติ

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2523, หน้า 4) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการผลิตและกระทำสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เป็นประโยชน์ และแปลกใหม่ จากความคิด หรือการกระทำของคนอื่นอย่างที่ไม่คาดคิดมาก่อน

สมศักดิ์ ภูวิภาดาบรรณ (2537, หน้า 56) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ 2 ลักษณะ หมายถึง ความคิดสร้างสรรค์ เป็นเรื่องที่สลับซับซ้อน ยากแก่การให้คำจำกัดความที่แน่นอนตายตัว และถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงผลงาน ผลงานนั้นต้องแปลกใหม่และมีคุณค่ากล่าวคือ ใช้ได้โดยมีคนยอมรับ ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ในเชิงกระบวนการ คือการเชื่อมโยงสัมพันธ์สิ่งของหรือความคิดที่มีความแตกต่างกันมากเข้าด้วยกัน ถ้าพิจารณาความคิดสร้างสรรค์เชิงบุคคล บุคคลนั้นต้องเป็นคนที่มีความแปลก เป็นตัวของตัวเอง เป็นผู้ที่มีความคิดคล่อง มีความคิดยืดหยุ่น และสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้น ๆ ได้

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2544, หน้า 2) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง การขยายขอบเขตความคิดออกไปจากกรอบของความคิดเดิมที่มีอยู่ไปสู่ความคิดใหม่ ๆ ที่ไม่เคยมีมาก่อนเพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดให้กับปัญหาที่เกิดขึ้น

อารี พันธุ์มณี (2546, หน้า 25) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง กระบวนการทางสมองที่คิดในลักษณะอนกนัย อันนำไปสู่การคิดพบสิ่งแปลกใหม่ด้วยการคิดดัดแปลง ประยุกต์ จากความคิดเดิมผสมผสานกันให้เกิดสิ่งใหม่ ซึ่งรวมทั้งการประดิษฐ์คิดค้นพบสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนวิธีการคิด ทฤษฎีหลักการได้สำเร็จ ความคิดสร้างสรรค์ จะเกิดขึ้นได้มิใช่เพียงแต่คิดในสิ่งที่เป็นไปได้ หรือสิ่งที่เป็นเหตุผล เพียงอย่างเดียวเท่านั้น หากแต่คิดจินตนาการก็เป็นสิ่งสำคัญยิ่งที่จะก่อให้เกิดความแปลกใหม่แต่ต้อง

ควบคู่กันไป กับความพยายามที่จะสร้างความคิดฝันหรือจินตนาการให้เป็นไปได้ หรือเรียกว่า เป็นจินตนาการประยุกต์ จึงจะทำให้เกิดผลงาน

วรรณวีร์ บุญคุ้ม (2556, หน้า 7-13) ได้ให้ความหมายความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถที่เกี่ยวข้องกับทักษะการคิดริเริ่ม การจินตนาการ การมองเห็น ความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ โดยมีสิ่งเร้าเป็นตัวกระตุ้นจนทำให้เกิดความคิดใหม่ ๆ ประกอบไปด้วยความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

ดังนั้น จากความหมายของความคิดสร้างสรรค์ในข้างต้น สรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความสามารถในการคิดของนักเรียนมีลักษณะคิดหลายทิศทาง คิดได้กว้างไกล นำไปสู่การค้นพบสิ่งใหม่ ๆ และสามารถสร้างชิ้นงานแบบใหม่ได้ โดยสามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สารละลาย สารเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นแบบอัตโนมัติจำนวน 4 ข้อ โดยองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

## 2. องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์มีองค์ประกอบสำคัญที่ได้รับอิทธิพลพื้นฐานมากจาก ทฤษฎีโครงสร้างทางสติปัญญาของกิลฟอร์ด (Guilford) ที่อธิบายไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้หลายทิศทางหรือเรียกว่า “ลักษณะการคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking)” จากการศึกษา พบว่า ฮารี พันธมณี (2560, หน้า 159-162) ได้นำรายละเอียดเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ นำมาสรุปไว้ ดังนี้

2.1 ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) เป็นความสามารถในการคิดหาแนวทางที่คล้ายกันในการแก้ปัญหาได้หลายแนวทางในเวลาที่กำหนด ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ชนิด คือ ความคิดคล่องแคล่วในด้านถ้อยคำ (Word Fluency) ความคิดคล่องแคล่วในเรื่องการโยงความสัมพันธ์ (Associational Fluency) ความคิดคล่องตัวทางการแสดงออก (Expressional Fluency) และความคิดคล่องแคล่วในการคิด (Ideational Fluency)

2.1.1 ความคิดคล่องแคล่วในด้านถ้อยคำ เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

2.1.2 ความคิดคล่องแคล่วในเรื่องการโยงความสัมพันธ์ เป็นความสามารถที่จะคิดหาถ้อยคำเหมือนกัน หรือคล้องกันได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ภายในเวลาที่กำหนด



2.1.3 ความคิดคล่องแคล่วทางการแสดงออก เป็นความสามารถในการใช้สีหรือประโยค กล่าวคือสามารถที่จะนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็ว เพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการจากการวิจัยพบว่าบุคคลที่มีความคล่องแคล่วทางด้าน การแสดงออกสูง จะมีความคิดสร้างสรรค์สูง

2.1.4 ความคล่องแคล่วในการคิด เป็นความสามารถที่จะคิดสิ่งที่ต้องการให้ได้มากในเวลาจำกัด เช่น ให้คิดหาประโยชน์ ของก้อนอิฐมาให้ได้มากที่สุด ในเวลา 5 นาที ความคิดคล่องแคล่ว นับว่าเป็นความสามารถอันดับแรกในการที่จะพยายามเลือกได้มากหลาย ๆ อย่าง และแตกต่างกัน แล้วจึงนำเอาความคิดที่ได้ทั้งหมด มาพิจารณา เปรียบเทียบกัน ความคิดใดเป็นความคิดที่ดีที่สุด และให้ประโยชน์คุ่มค่าที่สุด โดยคำนึงถึงหลักเกณฑ์เรื่องประโยชน์ เวลาการลงทุน ความยากง่าย บุคลากร เป็นต้น

2.2 ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) เป็นความสามารถในการหาแนวทางที่ไม่ซ้ำกันได้หลายแนวทางในการแก้ปัญหา เช่น ให้คิดว่าจะนำแก้วพลาสติกไปใช้ทำอะไรได้บ้างภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ชนิด

2.2.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นในทันทีทันใด (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลายทิศทางในเวลาที่กำหนด

2.2.2 ความคิดยืดหยุ่นในการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) เป็นความสามารถในการดัดแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์หลาย ๆ ด้าน

2.3 ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความคิดที่แปลกแตกต่าง จากความคิดเดิมซึ่งไม่เหมือนใครอาจเกิดจากการนำ ความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง และประยุกต์ให้เกิดเป็นสิ่งใหม่ขึ้น ความคิดริเริ่มจึงเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก ความคิดริเริ่ม จึงเป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นด้วยการอาศัยความกล้าคิด กล้าลอง

2.4 ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) เป็นความคิดในรายละเอียดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความเป็นไปได้ที่จะนำ ความคิดนั้นไปสู่การปฏิบัติ การสร้าง การกระทำ ให้เป็นผลสำเร็จ ทำให้เกิดผลงานหรือผลิตผลสร้างสรรค์ขึ้นมาเพื่อทำให้ความคิดริเริ่มนั้น สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

### 3. วิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์เป็นคุณภาพของสมองที่มีลักษณะเป็นนามธรรมที่แฝง อยู่ภายในตัวบุคคลเช่นเดียวกับความคิดด้านอื่น ๆ สามารถทำการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ ซึ่งที่นิยมใช้กันมี 3 วิธีการ (กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ, 2539, หน้า 51) และอับดุลยามีน หะยีฮาเดร์ (2560, หน้า 36-39)

### 3.1 การสังเกตพฤติกรรม

การสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์สามารถกระทำได้ 2 ลักษณะคือ แบบเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการประเมิน ทั้งนี้ อาจสังเกตจากความคิดหรือจินตนาการ การเล่นเกม การปฏิบัติกิจกรรมการทดลอง การปรับปรุง และตกแต่งสิ่งต่าง ๆ การแสดงละคร การให้คำอธิบายหรือบรรยายสิ่งต่าง ๆ ตลอดจนการคิดเกมใหม่ ๆ โดยนักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้เกินกว่าที่ได้รับมอบหมายด้วยวิธีการแปลกใหม่ แสดงลักษณะที่กล้าทดลอง กล้าเสี่ยง

### 3.2 การตรวจสอบคุณภาพของผลงาน

การตรวจสอบคุณภาพของผลงานเพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนจะพิจารณาจากคุณภาพของผลงานที่นักเรียนจัดทำขึ้น ทั้งนี้ควรพิจารณาจากผลงานหลาย ๆ ชิ้นต่อเนื่องกันจะดีกว่าการพิจารณาจากผลงานเพียงชิ้นเดียว และหากได้พิจารณาจากงานในแฟ้มสะสมงานที่จัดทำมาตลอดภาคเรียนก็จะทำให้สามารถประเมินความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้อย่างเที่ยงตรง และเชื่อมั่นได้ แต่อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบคุณภาพของผลงานนี้จำเป็นต้องมีเกณฑ์ในการให้คะแนน ที่ชัดเจนโดยอาจใช้วิธีการที่เรียกว่า รูบรีค (Rubric) และหากมีผู้ประเมินมากกว่า 1 คนยิ่งดี

### 3.3 การใช้แบบทดสอบ

การวัดความคิดสร้างสรรค์โดยใช้แบบทดสอบนั้น แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะมีลักษณะที่แตกต่างไปจากแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ ซึ่งสมคักดี ภูวิภาดาวรรณ (2537, หน้า 56) ได้ชี้ให้เห็นถึงความแตกต่างระหว่างแบบทดสอบวัดสติปัญญา กับแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ว่า แบบทดสอบวัดสติปัญญา นั้นเป็นการวัดเกี่ยวกับความสามารถในการหาคำตอบที่ถูกต้องเหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหานั้น ดังนั้น จึงมีคำตอบที่ถูกต้องหรือผิดสำหรับปัญหาแต่ละข้อ แต่แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์นั้น เกี่ยวข้องกับความสามารถในการหาคำตอบที่แปลก ไม่ซ้ำแบบใคร และมีคุณค่าให้ได้หลาย ๆ คำตอบหรือสามารถคิดได้หลาย ๆ ทาง ดังนั้นสำหรับข้อคำถามแต่ละข้อคำตอบที่เป็นไปได้จึงอาจมีหลายอย่าง การสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จึงค่อนข้างยาก นอกจากนี้เกณฑ์การให้คะแนนก็ค่อนข้างยากเช่นกัน อนึ่ง Torrance (1969) อ้างถึงใน กมล ชูสมัย, 2528, หน้า 28) ได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการวัดความคิดสร้างสรรค์ ว่าการวัดความคิดสร้างสรรค์ส่วนมากจะพิจารณาถึงด้านผลผลิตมากกว่ากระบวนการแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้รับความเชื่อถือ และจะถูกนำมาใช้อ้างอิง หรือดัดแปลงเพื่อใช้กับนักเรียนมี 2 กลุ่ม คือ

3.3.1 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด Guilford (อ้างถึงใน สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ, 2537, หน้า 56) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 3 ชุด จำนวน 11 ฉบับ โดยแบ่งออกเป็นด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ ด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ แบบทดสอบนี้เหมาะกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษา หรือสูงกว่า

เนื่องจาก Guilford เป็นนักจิตวิทยาในกลุ่มจิตมิติที่มุ่งเน้นอธิบายโครงสร้างทางสติปัญญาว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบทางสติปัญญา มิติใดบ้าง มากกว่าการพยายามอธิบายการเกิดและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ แต่ทฤษฎีนี้ก็เป็นแนวทางให้ทอแรนซ์พัฒนาทฤษฎีขึ้นมาในลักษณะที่เป็นการสร้างแบบวัดชุดการสอนที่สามารถนำไปใช้ในการปฏิบัติได้

3.3.2 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ ได้สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ มีชื่อว่า MTCT (Minnesota Test of Creative Thinking) ต่อมาใช้ชื่อว่า TTCT (Torrance Test of Creative Thinking) ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ได้หลายระดับอายุ โดยแบบทดสอบฉบับดังกล่าวจะแบ่งออกเป็น 3 ฉบับย่อย

ดังนั้น สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของทอแรนซ์ ที่เป็นแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาเป็นสื่อซึ่งจะวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน คือ ด้านความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

การตรวจให้คะแนนของข้อคำถามของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์จะแตกต่างจากข้อคำถามของแบบทดสอบชนิดอื่น ๆ กล่าวคือข้อคำถามวัดความคิดสร้างสรรค์จะไม่มีคำตอบถูกหรือผิด แต่การได้คะแนนจะขึ้นอยู่กับจำนวนคำตอบตามเงื่อนไขที่โจทย์กำหนด ดังนั้นนักเรียนจึงต้องเขียนคำตอบให้มากที่สุด เท่าที่จะมากได้ และเพื่อให้เป็นแนวทางในการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ได้สอดคล้องตรงกัน จึงได้มีการกำหนดเกณฑ์ มาตรฐานในการตรวจให้คะแนนไว้ โดยจะตรวจให้คะแนน 4 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ดังนั้นการตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยแบบทดสอบทอแรนซ์ ได้แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 4 ด้าน ดังตาราง 3 และตาราง 4

ตาราง 3 การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนด โดยทอเรนซ์ ซึ่งแต่ละรายการจะได้รับคะแนนสูงสุด 4 คะแนน

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนน	คำอธิบาย
ความคิดคล่องแคล่ว	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาคำตอบได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ 1-2 ข้อ
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ตั้งแต่ 3 ข้อ ขึ้นไป
ความคิดยืดหยุ่น	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาวิธีการได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 1-2 วิธี
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 3 วิธี ขึ้นไป
ความคิดริเริ่ม	0	นักเรียนไม่ตอบ/ตอบแนวคิดทั่วไป/ ตอบแนวคิดทั่วไปและไม่มีความคิดริเริ่ม
	2	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใครในระดับปานกลาง
	4	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร มีความคิดที่ แปลกใหม่
ความคิดละเอียดลออ	0	ไม่มีการเติมแต่งความคิดจากนักเรียน
	2	มีการเพิ่มแนวคิดง่าย ๆ จากนักเรียน
	4	มีความคิดที่ไม่ธรรมดาจากนักเรียน

ที่มา: Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., Binti, N. D., & Alias, M. I. B.  
(2020, p.755)

ตาราง 4 ระดับความคิดสร้างสรรค์

เกณฑ์คะแนน	ระดับความคิดสร้างสรรค์
68-100	สร้างสรรค์มาก (ระดับสูง)
34-67	สร้างสรรค์ปานกลาง (ระดับปานกลาง)
0-33	สร้างสรรค์ต่ำ (ระดับต่ำ)

ที่มา: Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., Binti, N. D., & Alias, M. I. B.  
(2020, p.755)

#### 4. ความสัมพันธ์ของการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และการจัดการ

##### เรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

สุภัค โอฬารพิริยกุล (2562, หน้า 3) ได้อธิบายว่าการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมสเต็มศึกษา เป็นวิธีที่ช่วยให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดสร้างสรรค์ สเต็มศึกษามีเป้าหมายจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนมีความสนใจใฝ่รู้ แสวงหาคำตอบด้วยตนเอง และบูรณาการทักษะที่จำเป็นมาใช้ในการดำรงชีวิต โดยการจัดการเรียนรู้เริ่มต้นจากการ กำหนดปัญหาให้นักเรียนได้คิดค้นและค้นหาคำตอบ แสวงหาเหตุผลในการแก้ปัญหา และลงมือสร้างสรรค์ผลงานหรือปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือวิธีในการแก้ประเด็นปัญหาที่ตั้งขึ้นนั้นโดยสอดคล้องกับวัย และพัฒนาการของนักเรียน ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะ กระบวนการคิด การตั้งคำถาม การค้นหาเหตุผล และเข้าใจซึ่งคำตอบผ่านการเล่นหรือการปฏิบัติกิจกรรมกับสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เพื่อให้นักเรียนพัฒนาความสามารถ ทักษะและเตรียมความพร้อมในการดำรงชีวิตในปัจจุบันและความท้าทายต่อโลกในอนาคตต่อไป การนำแนวคิดการจัดการศึกษาแบบสเต็มศึกษา มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนจึงเป็นการตอบโจทย์การพัฒนาให้นักเรียนให้พร้อมกับการเป็นพลเมืองในศตวรรษที่ 21 เนื่องด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา นำมาซึ่งการจัดการเรียนรู้ที่ใช้คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์เป็นพื้นฐานในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาเป็นโครงสร้าง (Structure) ในทางวิศวกรรมศาสตร์ นำศิลปะมาช่วยในการออกแบบและสร้างผลงานหรือองค์ความรู้ให้มีคุณค่า และคุณภาพเพิ่มมากขึ้นและใช้เทคโนโลยีเข้ามาช่วยเติมเต็มในการสร้างสรรค์ และจัดการองค์ความรู้จนได้เป็นผลงานหรือนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่นำมาใช้ ในการแก้ไขปัญหาได้จริง โดยนักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ ทักษะกระบวนการคิดที่ได้จากการเรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้นมีกระบวนการคิด และการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีทักษะที่สำคัญในการสืบค้นข้อมูล มีการทำงานเป็นกลุ่ม และมีการติดต่อสื่อสาร รวมถึงการนำองค์ความรู้มาใช้ในการตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลาย และมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้เพื่อเพิ่มความพร้อมที่จะเผชิญกับการเปลี่ยนแปลงและสภาพความเป็นจริงที่ทำนายของโลกในการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ครูจึงเป็นหัวใจสำคัญของการจัดการเรียนรู้ที่ต้องให้ความสำคัญกับการตั้งประเด็นปัญหา การตั้งคำถาม กระบวนการศึกษาค้นคว้าข้อมูล การตรวจสอบและแก้ไขปัญหาของนักเรียน เพื่อให้ได้มาซึ่งองค์ความรู้ ทักษะ และสมรรถนะต่าง ๆ

ดังนั้น จากความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์และการจัดการเรียน การสอนแบบสเต็มศึกษา ในข้างต้น สรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ และการจัดการเรียน หมายถึง การจัดการเรียนการสอนแบบสเต็มศึกษาจะช่วยให้ นักเรียน ได้ฝึกการออกแบบ การสร้างชิ้นงานหรือการสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่จำเป็นต้องอาศัย ความคิดสร้างสรรค์ และจินตนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการคิดขั้นสูง ทั้งนี้จากการศึกษา ความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ และความคิดสร้างสรรค์ในศตวรรษที่ 21 พบว่า ความคิด สร้างสรรค์ของทอแรนซ์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมที่ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ ในศตวรรษที่ 21

## ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

### 1. ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement) เป็นผลที่เกิดจากปัจจัย ต่าง ๆ ในการจัดการศึกษา นักการศึกษาหลาย ๆ ท่าน จึงได้ให้ความสำคัญกับผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นดัชนีประการหนึ่งที่สามารถบอกถึง คุณภาพการศึกษา ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทาง การเรียนไว้ ดังนี้

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2529, หน้า 29) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะรวมถึงความรู้ความสามารถของบุคคลอันเป็น ผลมาจากการเรียนการสอน หรือประสบการณ์ที่บุคคลได้รับจากการเรียนการสอน ทำให้บุคคลเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมในด้านต่าง ๆ ของสมรรถภาพทางสมอง

สมนึก ภัททิยธนี (2541, หน้า 73) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน หมายถึง สมรรถภาพสมองในด้านต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับการเรียนรู้ ผ่านมาแล้ว

พิชิต ฤทธิ์จรรยา (2545, หน้า 95) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน หมายถึง ความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้ มาแล้วว่าบรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข (2548, หน้า 125) ได้ให้ ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จาก กระบวนการเรียนการสอน

ปราณี กองจินดา (2549, หน้า 42) ได้ให้ความหมายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอน เป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม และประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และยังได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

ดังนั้น จากความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในข้างต้น สรุปได้ว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสำเร็จความสามารถของบุคคลในด้านต่าง ๆ ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ที่เกิดขึ้นหลังจากผ่านกระบวนการเรียนการสอน หรือการฝึกฝนอบรมมาแล้ว

## 2. ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, หน้า 167-169) ได้อธิบายว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สามารถจำแนกออกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้หลายลักษณะขึ้นอยู่กับเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนก ดังนี้

### 2.1 จำแนกตามผู้สร้าง

2.1.1 แบบทดสอบมาตรฐาน (Standardized Tests) เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นด้วยกระบวนการมาตรฐานโดยสำนักทดสอบ หรือบริษัทสร้างแบบทดสอบซึ่งมักออกแบบให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระอย่างกว้าง ๆ ที่สอนในหลักสูตรต่าง ๆ เพื่อให้สามารถใช้ได้กับสถาบันการศึกษาทั่ว ๆ ไป โดยทั่วไปมีรูปแบบที่เป็นมาตรฐาน สำหรับการให้บริการ การดำเนินการสอบ การตรวจให้คะแนน การแปลผล เปรียบเทียบกับบรรทัดฐานระดับชาติ การรายงานผล และการรายงานคุณภาพของแบบทดสอบ

2.1.2 แบบทดสอบที่ครูสร้าง (Teacher-Made Tests) เป็นแบบทดสอบที่ครูเป็นคนสร้างขึ้นมาใช้เอง จึงมักเป็นแบบทดสอบที่ครอบคลุมเนื้อหาเฉพาะตามหลักสูตรของสถาบันใดสถาบันหนึ่ง การตรวจให้คะแนนและการแปลผลจึงมักทำการเปรียบเทียบผลเฉพาะกลุ่มที่สอบด้วยกัน หรือเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ครูกำหนดไว้เฉพาะ

### 2.2 จำแนกตามเนื้อหาวิชา

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สามารถใช้กับวิชาต่าง ๆ ได้ จึงอาจจำแนกแบบทดสอบตามชื่อเนื้อหาวิชา เช่น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ภาษาไทย ภาษาอังกฤษ ประวัติศาสตร์ แคลคูลัส สถิติศาสตร์ วิจัยทางสังคมศาสตร์ คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

## 2.3 จำแนกตามการใช้

2.3.1 แบบทดสอบความพร้อม (Readiness Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดทักษะพื้นฐานที่จำเป็น สำหรับการเรียนรู้อีกวิชา บทเรียน หรือหน่วยการเรียนรู้ เพื่อพิจารณาว่านักเรียนมีพื้นฐานเพียงพอหรือไม่ จะได้ทบทวนก่อนเริ่มเรียนวิชา บทเรียน หรือหน่วยการเรียนรู้

2.3.2 แบบทดสอบวินิจฉัย (Diagnosis Test) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดจุดเด่น จุดด้อยของทักษะการเรียนรู้สำคัญ อันเป็นปัญหาของนักเรียน แบบทดสอบมุ่งตรวจสอบกลไกองค์ประกอบย่อย ๆ ที่ครอบคลุมกระบวนการสำคัญของทักษะที่เป็นเป้าหมายของการเรียนรู้ เพื่อระบุว่านักเรียนมีปัญหาของการเรียนรู้ตรงจุดไหน อันจะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงแก้ไขและสอนซ่อมเสริม

2.3.3 แบบทดสอบสมรรถภาพ (Proficiency Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดว่าผู้สอบมีสมรรถนะถึงระดับที่เหมาะสมหรือยัง เพื่อใช้เป็นเครื่องบ่งชี้ถึงระดับความสามารถสำหรับการคัดเลือกหรือให้สิทธิบางประการ เช่น การสอบใบขับขี่รถยนต์ การสอบความสามารถทางภาษา การสอบความสามารถทางคอมพิวเตอร์เบื้องต้น เป็นต้น

2.3.4 แบบทดสอบเชิงสำรวจ (Survey Test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้สำรวจวัดระดับความรู้เชิงสรุปทั่วไป ของนักเรียนหรือนิสิตนักศึกษาในสาขาวิชาเฉพาะ แบบทดสอบจึงควรครอบคลุมเนื้อหาทั่วไปที่สัมผัสได้จากมวลเนื้อหาอย่างกว้างขวาง เพื่อทดสอบผลการเรียนรู้ทั่วไป เช่น แบบทดสอบปลายภาคเรียน เป็นต้น

## 2.4 จำแนกตามการแปลผล

2.4.1 แบบทดสอบอิงกลุ่ม (Norm-Referenced Tests) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดผลการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างความรู้ ความสามารถของผู้สอบ ข้อสอบอิงกลุ่มจึงถูกสร้างและเลือกมาใช้เพื่อทำหน้าที่จำแนกระดับความสามารถของผู้สอบที่แตกต่างกัน คะแนนสอบที่ได้จึงนำไปใช้แปลความหมาย โดยเปรียบเทียบความรู้ความสามารถระหว่างกลุ่มผู้สอบด้วยกันเอง

2.4.2 แบบทดสอบอิงเกณฑ์ (Criterion-Referenced Tests) เป็นแบบทดสอบที่มุ่งวัดระดับการเรียนรู้ของนักเรียนว่ามีความรู้ ความสามารถอะไรบ้าง ข้อสอบอิงเกณฑ์ถูกสร้างให้ครอบคลุมความรู้ หรือทักษะสำคัญของการเรียนรู้ที่ต้องการให้เกิดขึ้น คะแนนสอบที่ได้จึงแปลผลโดยการเปรียบเทียบกับเกณฑ์ หรือมาตรฐานที่กำหนดไว้



## 2.5 จำแนกตามรูปแบบการตอบ

### 2.5.1 แบบทดสอบประเภทเสนอคำตอบ (Supply Type)

#### 2.5.1.1 แบบทดสอบความเรียง (Essay Test)

#### 2.5.1.2 แบบทดสอบแบบตอบสั้น (Short Answer)

#### 2.5.1.3 แบบทดสอบแบบเติมคำ (Completion)

### 2.5.2 แบบทดสอบประเภทเลือกคำตอบ (Selection Type)

#### 2.5.2.1 แบบทดสอบแบบถูก-ผิด (True-False)

#### 2.5.2.2 แบบทดสอบแบบจับคู่ (Matching)

#### 2.5.2.3 แบบทดสอบแบบหลายตัวเลือก (Multiple-Choice)

## 3. ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 174-191) ได้เสนอขั้นตอนการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ไว้ ดังนี้

### 3.1 กำหนดจุดมุ่งหมายของการสอบ (Specification of Purpose)

จุดมุ่งหมายของการสอบจะต้องมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ และจุดมุ่งหมายของหลักสูตร

### 3.2 ออกแบบการสร้างแบบทดสอบ (Test Design)

การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ เป็นการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้างเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบและแบบทดสอบที่มีคุณภาพ การออกแบบการสร้างแบบทดสอบจะประกอบด้วยกิจกรรมการดำเนินงาน ดังนี้

#### 3.2.1 วางแผนการทดสอบ (Testing Plans)

#### 3.2.2 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ (Test Formats)

#### 3.2.3 สร้างแผนผังการทดสอบ (Testing Map)

#### 3.2.4 สร้างผังข้อสอบ (Test Blueprint)

### 3.3 เขียนข้อสอบ (Item Writing)

หลังจากการสร้างตารางผังข้อสอบแล้ว ครูจะมีความพร้อมสำหรับลงมือเขียนข้อสอบ การเขียนข้อสอบเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่ผู้เขียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดีและยังจะต้องมีความรู้ในเทคนิคการเขียน ตลอดจนการฝึกฝนจนเกิดความชำนาญการเขียน ข้อสอบที่ดีควรมีลำดับขั้นตอนการเขียน ดังนี้

### 3.3.1 กำหนดแบบแผนข้อสอบ (Item Specification)

### 3.3.2 ร่างข้อสอบ (Item Drafting)

### 3.3.3 ทบทวนร่างข้อสอบ (Item Review)

### 3.3.4 บรรณาธิการข้อสอบ (Item Editing)

## 3.4 ทดลองใช้ข้อสอบและวิเคราะห์ข้อสอบ (Item Try Out and Analysis)

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์สำหรับการเรียนการสอนโดยทั่วไป

เมื่อสร้างและทบทวนอย่างดีแล้ว ก็สามารถนำไปใช้ได้ แต่ถ้าเป็นไปได้และต้องการความมั่นใจ ควรนำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มผู้สอบที่ตั้งใจจะนำไปใช้จริง เพื่อให้ได้ผลการวิเคราะห์ก่อนข้างคงที่และน่าเชื่อถือ จุดประสงค์ของการทดลองใช้ข้อสอบเพื่อให้ได้สารสนเทศว่า กลุ่มตัวอย่างตอบสนองต่อข้อสอบอย่างไร และมีปัญหาอะไรบ้าง การวิเคราะห์ผลการตอบจึงควรกระทำทั้งการวิเคราะห์ทางกายภาพ และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ เพื่อทำการคัดเลือกข้อสอบที่เหมาะสมมาจัดรวมเป็นแบบทดสอบที่ต้องการต่อไป

### 3.4.1 การวิเคราะห์ข้อสอบ (Item Analysis)

### 3.4.2 การคัดเลือกข้อสอบรวมเป็นแบบทดสอบ (Assembling Test)

### 3.4.3 การวิเคราะห์แบบทดสอบ (Test Analysis)

## 3.5 นำแบบทดสอบไปใช้ (Test Administration)

เมื่อมีการเตรียมแบบทดสอบเป็นที่เรียบร้อยแล้ว การนำแบบทดสอบไปใช้วัดผลการเรียนรู้ของนักเรียนนั้น ครูจะต้องคำนึงถึงปัจจัยรอบด้านต่าง ๆ ที่จะมาอิทธิพลต่อการแสดงความสามารถในการตอบคำถามของนักเรียน ตั้งแต่คำสั่ง ระยะเวลาในการตอบ เงื่อนไขการสอบและการตรวจให้คะแนน

## 3.6 วิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ (Test Analysis)

เมื่อได้นำแบบทดสอบไปใช้แล้ว ครูควรนำคะแนนสอบที่ได้มาศึกษาเพื่อทราบลักษณะของคะแนนสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย การกระจาย รูปแบบของการกระจาย จากนั้นจึงควรทำการวิเคราะห์แบบทดสอบเพื่อทราบคุณภาพของแบบทดสอบทางด้านความเที่ยงและความตรง

## 3.7 ปรับปรุงแบบทดสอบ (Test Revision)

ปรับปรุงแบบทดสอบถามข้อบกพร่องที่พบเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มอื่น ๆ ที่มาจากประชากรเป้าหมายเดียวกัน การนำไปใช้ควรเป็นไปตามเงื่อนไขมาตรฐานที่กำหนดไว้ แล้วทำการวิเคราะห์ซ้ำอีก ถ้าผลการวิเคราะห์ยืนยันว่าเป็นแบบทดสอบ

ที่มีคุณภาพ ควรพัฒนาปกติวิสัยหรือเกณฑ์ เพื่อเป็นบรรทัดฐานของการเปรียบเทียบ ความหมายคะแนน และเก็บไว้ในคลังข้อสอบไว้ใช้ต่อไป

#### 4. ลักษณะของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดี

(สิริพร ทิพย์คง, 2545, หน้า 195 และพิชิต ฤทธิ์จรูญ, 2545, หน้า 135– 161)

- 4.1 ความเที่ยงตรง เป็นแบบทดสอบที่สามารถนำไปวัดในสิ่งที่เรา ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน ตรงตามจุดประสงค์ที่ต้องการวัด
- 4.2 ความเชื่อมั่น แบบทดสอบที่มีความเชื่อมั่น คือ สามารถวัดได้คงที่ ไม่ว่าจะวัดกี่ครั้งก็ตาม เช่น ถ้านำแบบทดสอบไปวัดกับนักเรียนคนเดิมคะแนนจากการสอบ ทั้งสองครั้งควรมีความสัมพันธ์กันดี เมื่อสอบได้คะแนนสูงในครั้งแรกก็ควรได้คะแนนสูง ในการสอบครั้งที่สอง
- 4.3 ความเป็นปรนัย เป็นแบบทดสอบที่มีคำถามชัดเจน เฉพาะเจาะจง ความถูกต้องตามหลักวิชา และเข้าใจตรงกัน เมื่อนักเรียนอ่านคำถามจะเข้าใจตรงกัน ข้อคำถามต้องชัดเจนอ่านแล้วเข้าใจตรงกัน
- 4.4 การถามลึก หมายถึง ไม่ถามเพียงพฤติกรรมขั้นความรู้ความจำ โดยถามตามตำราหรือถามตามที่ครูสอน แต่พยายามถามพฤติกรรมขั้นสูงกว่าขั้นความรู้ ความจำได้แก่ ความเข้าใจการนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า
- 4.5 ความยากง่ายพอเหมาะ หมายถึง ข้อสอบที่บอกให้ทราบว่าข้อสอบ ข้อนั้นมีคนตอบถูกมากหรือตอบถูกน้อย ถ้ามีคนตอบถูกมากข้อสอบข้อนั้นก็ง่ายและถ้ามี คนตอบถูกน้อยข้อสอบข้อนั้นก็ยาก ข้อสอบที่ยากเกินความสามารถของนักเรียนจะตอบได้ นั้นก็ไม่มี ความหมาย เพราะไม่สามารถจำแนกนักเรียนได้ว่าใครเก่งใครอ่อน ในทางตรงกันข้ามถ้าข้อสอบง่ายเกินไปนักเรียนตอบได้หมด ก็ไม่สามารถจำแนกได้เช่นกัน ฉะนั้นข้อสอบ ที่ดีควรมีความยากง่ายพอเหมาะ ไม่ยากเกินไปไม่ง่ายเกินไป
- 4.6 อำนาจจำแนก หมายถึง แบบทดสอบนี้สามารถแยกนักเรียนได้ว่า ใครเก่งใครอ่อนโดยสามารถจำแนกนักเรียนออกเป็นประเภท ๆ ได้ทุกระดับอย่างละเอียด ตั้งแต่อ่อนสุดจนถึงเก่งสุด
- 4.7 ความยุติธรรม คำถามของแบบทดสอบต้องไม่มีช่องทางชี้แนะให้ นักเรียนที่ฉลาดใช้ไหวพริบในการเดาได้ถูกต้องและไม่เปิดโอกาสให้นักเรียนที่เกียจคร้าน ซึ่งดูตำราอย่างคร่าว ๆ ตอบได้ และต้องเป็นแบบทดสอบที่ไม่ลำเอียงต่อกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง

ดังนั้น แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่ดีในข้างต้น สรุปได้ว่า ต้องเป็นแบบทดสอบที่มีความเที่ยงตรงความเชื่อมั่น ความเป็นปรนัย ถามลึก มีความยากง่ายพอเหมาะ มีค่าอำนาจจำแนก และมีความยุติธรรม

### 5. การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดและการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการพิจารณาผลที่เกิดจากการวัดการเรียนรู้ในภาพรวม การประเมินผลกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงประกอบด้วย การประเมินความเข้าใจกระบวนการวิทยาศาสตร์ เจตคติวิทยาศาสตร์ ทักษะการใช้ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ และความรับผิดชอบในการปฏิบัติงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งความก้าวหน้าด้านต่าง ๆ ของนักเรียนจะส่งผลต่อจุดประสงค์ของรายวิชา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง และมาตรฐานการเรียนรู้ที่สถานศึกษากำหนดไว้

การวัดและประเมินผลตาม Bloom's Revised Taxonomy (พิศิษฐ ด้ฒทวณิช, 2558, หน้า 19-24) ได้อธิบายว่า พฤติกรรมการเรียนรู้ที่ต้องการ ทำการวัดและประเมินมีดังนี้

1. การจำ (Remembering) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถจดจำสาระต่าง ๆ ที่ได้เรียนรู้มาไว้ในสมอง พฤติกรรมการเรียนรู้ในส่วนนี้มุ่งวัดความสามารถในการจัดเก็บข้อความรู้ (Retention) ไว้ในตัวนักเรียน สามารถแยกย่อยได้เป็น 2 ส่วน ดังนี้

1.1 การจำได้ (Recognizing) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถจดจำสาระต่าง ๆ ในลักษณะของการระบุแยกได้ว่า สิ่งเร้าที่เข้ามากระตุ้นนั้น หมายถึง มีความหมายว่าอย่างไร

1.2 การระลึกได้ (Recalling) หมายถึง การที่บุคคลสามารถย้อนระลึกนึกไปถึงสาระต่าง ๆ ที่ตนเคยประสบมา โดยไม่มีสิ่งเร้าใด ๆ มาเป็นตัวช่วยกระตุ้น ความจำทันทีในขณะนั้นเป็นส่วนความจำระยะยาวในสมองของนักเรียน

2. ความเข้าใจ (Understanding) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการสื่อสารข้อความรู้ที่ตนได้รับรู้มาให้บุคคลอื่นได้รับทราบถึงข้อความรู้นั้นด้วยวิธีการสื่อสารที่เป็นของตนเอง โดยอาจนำเสนอเป็นถ้อยคำภาษาเขียน ท่าทาง สัญลักษณ์ รูปภาพหรือวิธีการอื่นใดด้วยวิธีการที่เป็นของตนเอง ความเข้าใจถือได้ว่าเป็นจุดตั้งต้นของพฤติกรรมการเรียนรู้ ด้านพุทธิพิสัยที่กระบวนการจัดการศึกษาคาดหวังว่าควรเกิดขึ้นกับนักเรียน พฤติกรรมของความเข้าใจเน้นตรงการที่นักเรียนต้องสามารถสื่อความหมายของสาระ บทเรียนที่ตนได้รับรู้มาให้ปรากฏออกในลักษณะของการสื่อสารในลักษณะต่าง ๆ เพื่อถ่ายทอดสาระที่ตนรับรู้ได้ไปยังบุคคลซึ่งเป็นผู้รับให้สามารถรับสาระ

ดังกล่าวได้อย่างถูกต้อง ตรงตามความหมายของสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ พฤติกรรม  
ที่แสดงออกถึงความเข้าใจแบ่งออกได้เป็น 7 ส่วนย่อย ดังนี้

2.1 การตีความ (Interpreting) หมายถึง ความสามารถของบุคคลใน  
การสื่อความหมายเรื่องใดเรื่องหนึ่งในรูปแบบใหม่ที่ต่างออกไปจากเดิมแต่คงความหมาย  
เท่าเดิม เช่น อาจเปลี่ยนแปลงจากถ้อยคำเป็นถ้อยคำใหม่ ถ้อยคำ

เป็นสัญลักษณ์ สัญลักษณ์เป็นถ้อยคำ ถ้อยคำเป็นภาพ หรือภาพเป็นถ้อยคำ เป็นต้น

2.2 การยกตัวอย่าง (Exemplifying) หมายถึง ความสามารถ  
ที่บุคคลยกตัวอย่างหรือกรณีเฉพาะที่ สอดคล้องกับสิ่งที่เรารู้มาเพื่อให้บุคคลอื่นรับรู้ได้

2.3 การจัดประเภท (Classifying) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถจัด  
ประเภทสิ่งของปรากฏการณ์ใด ๆ ตามเกณฑ์การจัดประเภทที่กำหนดได้อย่างถูกต้อง

2.4 การสรุปความ (Summarizing) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถ  
จัดหาข้อความสั้น ๆ เพื่อแทนถ้อยคำหรือสาระเรื่องราวใด ๆ ที่มีเป็นจำนวนมาก ๆ  
โดยคงเนื้อความเดิมที่สำคัญไว้

2.5 การอ้างพาดพิง (Inferring) หมายถึง การที่นักเรียนสามารถ  
จัดรูปแบบหรือแบบแผนการเปลี่ยนแปลงของสิ่งใดสิ่งหนึ่งได้และใช้รูปแบบหรือแบบแผน  
ดังกล่าวในการอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวเป็นการเพิ่มเติม

2.6 การเปรียบเทียบ (Comparing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถจับ  
ประเด็นเทียบเคียงความเหมือน และความแตกต่างของวัตถุ เหตุการณ์ปรากฏการณ์ หรือ  
พฤติกรรมใด ๆ จากส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่งซึ่งอยู่ ในภาวะสามารถเทียบเคียงกันได้

2.7 การอธิบาย (Explaining) หมายถึง ความสามารถของบุคคล  
ที่จะถ่ายทอดเรื่องราว ปรากฏการณ์ เหตุการณ์ หรือความเห็นใด ๆ ให้บุคคลอื่นได้รับรู้  
โดยวิธีการสื่อสารทางใดทางหนึ่ง เช่น การพูด การเขียน การใช้ท่าทาง หรือภาษา  
สัญลักษณ์ โดยการนำเสนอถ่ายทอดดังกล่าวนั้น โดยผู้นำเสนอใช้วิธีการถ่ายทอด  
ที่เป็นของตนเอง

3. การปรับใช้ (Applying) หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำ  
ความรู้ที่ตนได้เรียนรู้ไปใช้ แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่ตนต้องเผชิญหรือในชีวิตจริง ทั้งนี้  
สถานการณ์ที่เกิดขึ้นนั้นจะต้องเป็นสถานการณ์ที่ มีความใหม่หรือต่างไปจากเดิม  
หากสถานการณ์ที่กำหนดหรือเกิดขึ้นเป็นสถานการณ์ที่บุคคลคุ้นเคยแล้วเป็นอย่างมาก  
ก็จะเป็นลักษณะของพฤติกรรมกรจำและความรู้ที่เป็นขั้นตอนการดำเนินการ การปรับใช้  
แบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย ดังนี้

3.1 การลงมือกระทำการตามขั้นตอน (Executing) หมายถึง การกระทำที่บุคคลลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาใด ๆ ไปตามขั้นตอนการดำเนินการที่ตนเรียนรู้มา โดยมีลักษณะบางส่วนของปัญหาที่นักเรียนคุ้นเคย (Familiar Task) มาก่อน ลักษณะการดำเนินการมุ่งเน้นไปในทางด้านทักษะและโครงสร้างขั้นตอนการดำเนินการ (Skills and Algorithms) เป็นสำคัญ

3.2 การประยุกต์ (Implementing) หมายถึง ความสามารถของบุคคลที่คิดดำเนินการแก้ปัญหาที่ตนต้องประสบ โดยปัญหานั้นเป็นปัญหาที่ตนไม่คุ้นเคย (Unfamiliar Tasks) หรือมีลักษณะบางส่วนแตกต่างไปจากสภาพบทเรียนที่ตนเคยเรียนรู้มา และสภาพการแก้ปัญหาดังกล่าวไม่มีแบบแผนของคำตอบที่แน่นอนตายตัวหรืออาจมีแบบแผนการแก้ปัญหามากกว่าหนึ่งแบบ แต่วิธีการที่เลือกนำเสนอขึ้นนั้นควรจะต้องเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ ประสิทธิภาพ และสามารถดำเนินการได้จริง (Effectiveness, Efficiency and Affordability)

4. การวิเคราะห์ (Analyzing) เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะพิจารณาแยกแยะเรื่องราว หรือปรากฏการณ์ใด ๆ แล้วสามารถหยั่งถึงเบื้องหลังความเป็นมาเป็นไปหรือส่วนประกอบที่เป็นรายละเอียดที่ประกอบด้วยกันเข้าเป็นสิ่งนั้น โดยการพิจารณาดังกล่าวเกิดจากบุคคลใช้ปัญญาของตนคิดหาเหตุผลหรือคำตอบด้วยตนเอง โดยอาศัยข้อมูลพื้นฐานที่ตนสามารถรับรู้ได้ การวิเคราะห์เป็นความสามารถด้านสมองที่มีความจำเป็นมากในกรณีที่ต้องการสอนให้คนรู้จักคิด รู้จักหาเหตุผล มาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถแยกย่อยได้เป็น 3 ลักษณะ

4.1 การชี้ระบุลักษณะสำคัญ (Differentiating) หมายถึง การที่บุคคลสามารถระบุเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ใด ๆ ที่มุ่งศึกษานั้นว่า มีสาระใดบ้างเป็นส่วนสำคัญหรือการชี้ระบุประเด็นที่สำคัญของสิ่งนั้น ให้เห็นได้ชัดเจน

4.2 การชี้ระบุระบบความสัมพันธ์ (Organizing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถมองเห็นความเชื่อมโยง ความต่อเนื่องของเรื่องราว ปรากฏการณ์หรือการใช้เหตุผลใด ๆ ว่าสิ่งดังกล่าวนั้นมีความสัมพันธ์เชื่อมโยงกันอย่างไร

4.3 การชี้ระบุคุณสมบัติภายใน (Attributing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถหยั่งเห็นถึงแนวคิด เจตนา หรือความตั้งใจที่ซ่อนอยู่ภายในของปรากฏการณ์ใด ๆ ที่เกิดขึ้น

5. การประเมิน (Evaluating) หมายถึง การลงข้อตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่าให้กับกิจกรรมสิ่งของการกระทำ หรือปรากฏการณ์ใด ๆ ไปตามเกณฑ์และมาตรฐานที่กำหนด ทั้งนี้การประเมินจะเกิดขึ้นนั้นต้องเป็นการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับคุณค่า ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย

5.1 การตรวจสอบ (Checking) หมายถึง การพิจารณาว่าขั้นตอนการดำเนินงานกิจกรรมใด ๆ กับผลลัพธ์ที่ได้ หรือขั้นตอนการดำเนินงานนั้น ๆ มีความสอดคล้องคงที่ภายในหรือไม่ รวมทั้งมีคุณสมบัติหรือเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด หรือไม่

5.2 การลงข้อตัดสิน (Critiquing or Judging) หมายถึง การลงข้อประเมินให้กับผลผลิตหรือกระบวนการใด ๆ ว่าเป็นไปตามเกณฑ์และมาตรฐานภายนอกที่ได้รับการกำหนดล่วงหน้า หรือไม่อย่างไร

6. การสร้างสรรค์ (Creating) เป็นความสามารถของบุคคลในการที่จะคิดพัฒนาประดิษฐ์สร้างหรือจัดกระทำสิ่งใหม่ ๆ ให้เกิดขึ้น โดยผลงานดังกล่าวนั้นเกิดจากความคิดของตัวผู้สร้างเอง โดยมิได้ลอกเลียนงานของบุคคลใด ๆ มาในลักษณะของการลอกทั้งชิ้นงานหรือการสร้างสรรค์หมายถึงการนำเอาสิ่งต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็นส่วนย่อยมาผูกพันประสานให้เกิดขึ้นเป็นผลงานชิ้นใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม ซึ่งสามารถแยกย่อยออกได้เป็น 3 ส่วนย่อย

6.1 การจัดกระทำใหม่ (Generating or Hypothesizing) หมายถึง การที่บุคคลสามารถให้ข้อเสนอแนะชี้แนะในแนวทางการพัฒนา สร้างสรรค์หรือเห็นแนวทาง ขั้นตอนในการจัดกระทำใหม่ให้กับปัญหาหรือ ขั้นตอนการดำเนินการใด ๆ ที่มีอยู่ โดยอาศัยแนวทางพื้นฐานวิธีการเดิมที่มีอยู่เป็นฐานและแนวคิดในการแก้ไข พัฒนาต่อยอดเพื่อให้ได้สิ่งใหม่ที่ต่างออกไปจากเดิม

6.2 การวางแผน (Planning) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการจัดลำดับขั้นตอนหรือสามารถกำหนดสิ่งที่จะต้องดำเนินการ เพื่อแก้ปัญหาหรือกระทำการบางอย่างให้ลุล่วงไป เพื่อให้เกิดผลตามที่ต้องการในกาลข้างหน้า

6.3 การสร้างและพัฒนา (Producing) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการที่ใช้ความสามารถ ทางสมองของตนในการคิดค้น เขียน สร้าง วาด หรือพัฒนาสิ่งใหม่ให้เกิดขึ้น โดยการกระทำดังกล่าว ผู้สร้างใช้ ความสามารถความคิดของตนเองเป็นสำคัญ มิได้เกิดจากการลอก หรือเลียนแบบผลงานของบุคคลอื่นมาทั้งหมด หรือลอกมาแทบทุกส่วน

## ประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

### 1. ความหมายของประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

ความหมายของคำว่า ประสิทธิภาพ (Efficiency) ได้มีผู้ให้คำนิยาม ความหมายไว้หลากหลาย ดังนี้

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556, หน้า 7) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง สภาวะหรือคุณภาพของสมรรถนะในการดำเนินงาน เพื่อให้งาน มีความสำเร็จโดยใช้เวลา ความพยายาม และค่าใช้จ่ายคุ้มค่าที่สุดตามจุดมุ่งหมาย ที่กำหนดไว้ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์

จอมภักดิ์ จันทะคัต (2561, หน้า 167) ได้ให้ความหมายของประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึง ผลลัพธ์ในแง่บวกจากการปฏิบัติงานด้วยความพยายามโดยการ ปรับปรุงแก้ไขความสามารถ และพัฒนาทักษะในการทำงานของตนเองให้ดีขึ้น โดยผลลัพธ์ จากการปฏิบัติงานนั้นต้องเชื่อมโยงกับกลยุทธ์ และบรรลุเป้าหมายขององค์การ

ดังนั้น จากความหมายของประสิทธิภาพในข้างต้น สรุปได้ว่า ประสิทธิภาพ หมายถึง ความสามารถในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ให้สำเร็จบรรลุตามจุดมุ่งหมาย ที่วางไว้

### 2. การหาประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัย

ในการสร้างเครื่องมือหรือแบบฝึกต่าง ๆ นั้น ก่อนที่จะนำไปใช้เพื่อให้ เกิดผลการประเมินได้สมบูรณ์ถูกต้องและมีประสิทธิภาพนั้นต้องหาประสิทธิภาพ ของเครื่องมือชนิดนั้น ๆ ก่อนที่จะนำไปใช้จริง จากการศึกษาเผชิญ กิจระการ และสมนึก ภัททิยธนี (2545, หน้า 46-51) ได้อธิบายว่า การหาประสิทธิภาพของสื่อ การเรียนการสอนใด ๆ มีกระบวนการที่สำคัญ อยู่ 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการหา ประสิทธิภาพตามวิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล (Rational Approach) และขั้นตอน การหาประสิทธิภาพตามวิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์ (Empirical Approach) ทั้ง 2 วิธีนี้ ต้องทำควบคู่กันไปจึงจะมั่นใจได้ว่าสื่อ หรือเทคโนโลยีการเรียนการสอน ที่ผ่านกระบวนการหาประสิทธิภาพเป็นที่ยอมรับได้โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1 วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงเหตุผล กระบวนการนี้เป็นการ หาประสิทธิภาพโดยใช้หลักของความรู้และเหตุผล ในการตัดสินคุณค่าของสื่อการเรียน การสอนโดยอาศัยผู้เชี่ยวชาญ (Panel of Experts) เป็นผู้พิจารณาตัดสินคุณค่า



ซึ่งเป็นการหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) และความเหมาะสมในด้านความถูกต้องของการนำไปใช้ ผลจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนนำมาหาประสิทธิภาพ ผู้เชี่ยวชาญจะประเมินสื่อการเรียนการสอนตามแบบประเมินที่สร้างขึ้นในลักษณะของแบบสอบถาม ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) นำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนไปแทนค่าในสูตร สำหรับค่าเฉลี่ยของผู้เชี่ยวชาญที่ยอมรับจะต้องอยู่ในระดับ มากขึ้นไป คือ ค่าเฉลี่ยตั้งแต่ 3.50–5.00 ค่าที่คำนวณได้ต้องสูงกว่า ค่าที่ปรากฏในตารางตามจำนวนของผู้เชี่ยวชาญ จึงจะยอมรับว่าสื่อมีประสิทธิภาพ

2.2 วิธีการหาประสิทธิภาพเชิงประจักษ์วิธีการนี้สื่อจะนำไปทดลองกับกลุ่มนักเรียนเป้าหมาย การหาประสิทธิภาพของสื่อ เช่น บทเรียนคอมพิวเตอร์บทเรียนโปรแกรม ชุดการสอนแผนการสอน แบบฝึกหัด ทักษะเป็นต้น ส่วนมากนิยมหาประสิทธิภาพด้วยวิธีนี้ ประสิทธิภาพที่วัดส่วนใหญ่จะพิจารณาจากเปอร์เซ็นต์การทำแบบฝึกหัด หรือกระบวนการเรียน หรือแบบทดสอบย่อยโดยแสดงค่าเป็นตัวเลข 2 ตัว เช่น  $E_1/E_2 = 80/80$  เป็นต้น เกณฑ์การหาประสิทธิภาพ ( $E_1/E_2$ ) มีความแตกต่างกันหลายลักษณะ ดังนี้

80 ตัวแรก หมายถึง จำนวนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่ม ที่ได้จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนประจำแผนการเรียนรู้อบบแบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ทั้ง 5 แผน

80 ตัวหลัง หมายถึง จำนวนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่ม ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย หลังการทดลองเสร็จสิ้นลง

ดังนั้น จากประสิทธิภาพของเครื่องมือวิจัยในข้างต้น การวิจัยในครั้งนี้ได้ตั้งเกณฑ์ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 80/80 โดยใช้ตามความหมายในลักษณะที่ 1 คือตัวเลข 80 ตัวแรก ( $E_1$ ) คือ จำนวนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่ม ที่ได้จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนประจำแผนการเรียนรู้อบบแบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ทั้ง 5 แผน ย่อยระหว่างเรียน ส่วน 80 ตัวหลัง ( $E_2$ ) คือ จำนวนร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่ม ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย หลังการทดลองเสร็จสิ้นลง

## ความพึงพอใจต่อกิจกรรมการเรียนรู้

### 1. ความหมายของความพึงพอใจ

การจัดการเรียนรู้ให้ประสบความสำเร็จนั้นผู้สอนต้องคำนึงถึงความพึงพอใจของนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญ เพราะหากนักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แล้วย่อมส่งผลถึง ประสิทธิภาพในการเรียนและความสุขในการเรียนด้วย ซึ่งจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของความพึงพอใจไว้ ดังนี้

ธีรพงศ์ แก่นอินทร์ (2545, หน้า 36) ได้ให้ความหมายความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง เป็นความรู้สึกพึงพอใจต่อการปฏิบัติของนักศึกษา ในระหว่างการเรียนการสอน การปฏิบัติของอาจารย์ผู้สอน และสภาพบรรยากาศโดยทั่วไปของการเรียนการสอน

วัชระ จันทรัตน์, วสันตอดิต์พิท, โอบาส เกาไศยาภรณ์ และณรงค์ศักดิ์ ครอบคอบ (2563, หน้า 219) ได้ให้ความหมายความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง ระดับความรู้สึกที่แสดงถึงความชอบด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ และด้านการวัดและประเมินผล โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ

ดังนั้น จากความหมายของความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในข้างต้นสรุปได้ว่า ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ หมายถึง การแสดงออกถึงความรู้สึกหรือเจตคติของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ซึ่งผู้วิจัยสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ได้แก่ มากที่สุด มากปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด โดยวัดความพึงพอใจ 5 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

### 2. การวัดระดับความพึงพอใจ

การวัดความพึงพอใจสามารถวัดได้หลายวิธี ดังนี้ (อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ, 2535, หน้า 44)

2.1 การสังเกต เป็นการวัดความพึงพอใจโดยผู้สอบถามจะสังเกตพฤติกรรมของ บุคคลเป้าหมาย ไม่ว่าจะเป็นการแสดงออกทางการพูด การแสดงออก

ทางกิริยาท่าทาง วิธีนี้ผู้สอบถามต้องอาศัยการกระทำอย่างจริงจัง และการสังเกตอย่างมีระเบียบแบบแผน

2.2 การสัมภาษณ์ เป็นการวัดความพึงพอใจซึ่งต้องอาศัยเทคนิค และวิธีการที่ดี ซึ่งจะส่งผลให้ผู้สอบถามได้รับข้อมูลที่เป็นจริงได้

2.3 การใช้แบบสอบถาม เป็นการวัดความพึงพอใจโดยผู้สอบถามจะต้อง ออกแบบสอบถามเพื่อต้องการทราบความคิดเห็นจากบุคคลเป้าหมาย ซึ่งสามารถทำได้ โดยรูปแบบได้แก่ ลักษณะที่กำหนดคำตอบให้เลือก หรือตอบคำถามอิสระ โดยคำถามดังกล่าวอาจเป็นคำถามความพึงพอใจในด้านต่าง ๆ เช่น การควบคุมงาน การบริการ และเงื่อนไขต่าง ๆ เป็นต้น

ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกวิธีการวัดความพึงพอใจโดยใช้แบบสอบถาม

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 1. งานวิจัยในประเทศ

พัฒมาอัสไวณี ตาเย๊ะ, ณัฐนิ โมพันธ์ และมัชดี แวดราแม (2560, หน้า 1) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสเต็มศึกษา ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนบ้านบุเกะตาโฆง มิตรภาพที่ 128 อำเภอเจาะไอร้อง จังหวัดนราธิวาส สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษา นราธิวาส เขต 3 จำนวน 22 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มอย่างง่าย โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยในการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบวัดความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนการจัดการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาโดยรวมอยู่ในระดับมากที่สุด

นารี ศรีบุญ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2562, หน้า 526–543) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเปรียบเทียบผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/1 โรงเรียนด่านทับตะโกราษฎร์อุปถัมภ์ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560 จำนวน 30 คน โดยการสุ่มอย่างง่าย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลการเรียนรู้ แบบประเมินทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ แบบสอบถามความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า ผลการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมรค์ อินทวิมลศรี, สกลรัชต์ แก้วดี และสิทธิพร ภัทรดิสงรัตน์ (2562, หน้า 410–429) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษในกรุงเทพมหานคร เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ นักเรียนที่เรียนชีววิทยาแบบสเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนในระดับดีขึ้น มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนในระดับปานกลาง

อรณิชา ทศตา และกชพร ใจอดทน (2563, หน้า 64–76) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับปัจจัยที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาลัยนครราชสีมา ผลการวิจัยพบว่า 1) ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ (Y) มีสหสัมพันธ์ทางบวกกับปัจจัยด้านแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ บุคลิกภาพ อารมณ์ การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า การเข้าร่วมกิจกรรม พฤติกรรมการสอนของครู สัมพันธภาพในครอบครัว สภาพแวดล้อมทางการเรียน การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย และการสนับสนุนของผู้ปกครอง 2) ตัวแปรพยากรณ์ ได้แก่ การอบรมเลี้ยงดูแบบประชาธิปไตย ( $X_6$ ) บุคลิกภาพ ( $X_2$ ) สัมพันธภาพในครอบครัว ( $X_7$ ) อารมณ์ ( $X_3$ ) การสนับสนุนของ

ผู้ปกครอง ( $X_{10}$ ) การเข้าร่วมกิจกรรม ( $X_5$ ) สภาพแวดล้อมทางการเรียน ( $X_8$ ) แรงจูงใจ  
ใฝ่สัมฤทธิ์ ( $X_1$ ) พฤติกรรมการสอนของครู ( $X_6$ ) การแก้ปัญหาเฉพาะหน้า ( $X_4$ ) ส่งผลต่อ  
ความคิดสร้างสรรค์ ( $Y$ ) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งตัวแปรพยากรณ์ทุกตัว  
สามารถอธิบายการผันแปรคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาได้ร้อยละ 89.20  
จากค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R Square) = 0.892

วิไลลักษณ์ สุวรรณทัต, จิระวัฒน์ ต้นสกุล, ณรงค์ศักดิ์ ครอบคอบ  
และธีระยุทธ รัชชะ (2563, หน้า 191-197) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์  
องค์ประกอบเชิงยืนยันความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ความคิด  
สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มี 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิด  
ริเริ่ม (Originality) และความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) โมเดลการวัดขององค์ประกอบ  
ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความเหมาะสมสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์  
โดยค่าดัชนีความสอดคล้องกลมกลืน ประกอบด้วย  $\chi^2 = 8.87$ ,  $df = 46$ ,  $p\text{-value}$   
= 0.35,  $RMSEA = 0.011$ ,  $RMR = 0.011$ ,  $CFI = 1.00$ ,  $GFI = 1.00$  และน้ำหนัก  
องค์ประกอบมีค่าตั้งแต่ 0.20 - 0.52

ศานิตา ต่ายเมือง, ปริญญา ทองสอน และเชษฐ ศิริสวัสดิ์ (2563, หน้า 23)  
ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยการ  
ประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และจิตวิทยาศาสตร์  
กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต “พิบูล  
บำเพ็ญ” มหาวิทยาลัยบูรพา จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มทดลอง 1 ห้อง และกลุ่มควบคุม  
1 ห้อง ได้มาด้วยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย ชุดกิจกรรม  
การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิด  
สร้างสรรค์ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ ผลการวิจัย  
พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา  
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 4 กิจกรรมย่อย ได้แก่ สารละลายรอบตัว  
สถานการณ์สารละลาย สารละลายทดแทน และการอนุรักษ์สารละลาย โดยชุดกิจกรรม  
การเรียนรู้มีความเหมาะสมตามการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก ผลการ  
ทดลองใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา  
เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่ม  
ทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่าก่อนเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ค่าเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนกลุ่มทดลองหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมหลังเรียนด้วยการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ดารุณี เพ็ญน้อย และนิวัฒน์ บุญสม (2564, หน้า 238) ได้ทำวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ และการสร้างผลงานทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ผลการวิจัยพบว่า 1) แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพ 80.83/80.00 ตามเกณฑ์ร้อยละ 80/80 2) ผลการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่ใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 75.50 4) ความสามารถในการสร้างผลงานทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 หลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา อยู่ในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 76.00 และ 5) ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีต่อกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาอยู่ในระดับมากที่สุด

## 2. งานวิจัยต่างประเทศ

Kim, H. (2016, p. 1925) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาโปรแกรมสเต็มศึกษา ในบริบทของการเรียนการสอนของเครื่องดนตรีเกาหลีแบบดั้งเดิม และนำไปใช้ในชั้นเรียนมัธยมปลาย โปรแกรมสเต็มศึกษา ได้รับการพัฒนาผ่านกระบวนการปรึกษาหารืออย่างต่อเนื่อง ระหว่างทีมพัฒนา และผู้เชี่ยวชาญภายนอก รวมถึง “ช่างดนตรีเกาหลี” โปรแกรมดำเนินการทดลองเป็นเวลา 6 สัปดาห์ ในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 26 คน เครื่องมือในการวิจัย แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนจำความหมายเครื่องดนตรีได้ และการพัฒนาแนวคิดผ่านการแบ่งปันความคิดเห็น นักเรียนส่วนใหญ่ระบุว่านักเรียนมักจะใช้ความรู้ที่ได้รับจากการเรียนในโปรแกรมสเต็มศึกษา ในชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะนักเรียนมีความเข้าใจกระบวนการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น ดังนั้นโปรแกรมสเต็มศึกษาที่ใช้ในชั้นเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ มีประสิทธิภาพดี

Wandari, G. A., Chandra, A., Wijaya, F., & Agustin, R. R. (2018, p. 26) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการศึกษาผลของการเรียนรู้แบบสเต็มเป็นฐาน ที่มีต่อความคิด

สร้างสรรค์ และความคิดรวบยอดของนักเรียน เรื่อง แสงและเลนส์ กลุ่มตัวอย่าง  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 27 คน โดยรวมความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยใช้  
การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มเป็นฐานในการเรียนรู้แสงและเลนส์มีประสิทธิภาพดีขึ้น

Putri, N., Rusdiana, D. & Suwarma, I. R. (2019, p. 7) ได้ทำการวิจัย  
เกี่ยวกับการพัฒนาประสิทธิผลของทักษะการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนโดยใช้ (Creativity  
Based Learning: CBL) เปรียบเทียบกับสะเต็มศึกษา กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของโรงเรียนอาชีวศึกษา จำนวน 25 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย  
แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 4 ข้อ พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียน  
สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระดับ .05 จากผลการวิจัยพบว่า CBL  
ในสะเต็มศึกษา มีการพัฒนาทักษะการคิดเชิงสร้างสรรค์ของนักเรียนสูงกว่า CBL

จากการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ความคิดสร้างสรรค์  
เป็นสิ่งที่สามารถพัฒนาและฝึกฝนได้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ที่ใช้หลักในการ  
จัดการเรียนรู้ แบบเน้นปัญหาเป็นฐาน และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบ  
เชิงวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งเป็นกระบวนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ วางแผน  
การแก้ปัญหา และการใช้องค์ความรู้จากศาสตร์ต่าง ๆ ทุกแขนงทั้งด้านความรู้ ทักษะ  
การคิด และทักษะอื่น ๆ ที่สามารถกระตุ้น ส่งเสริม และพัฒนาความคิดสร้างสรรค์  
ของนักเรียนให้สูงขึ้น และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์  
ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนผ่านเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม ดังนั้น  
เพื่อให้การจัดการเรียนรู้บรรลุจุดมุ่งหมายตามมาตรฐานและผลการเรียนรู้ที่กำหนด  
รวมทั้งนักเรียนได้รับการพัฒนาอย่างเต็มศักยภาพ ตลอดจนให้นักเรียนสามารถ  
สร้างสรรค์ความคิด และขยายขอบเขต ความคิดที่มีอยู่เดิมสู่ความคิดที่แปลกใหม่  
ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์  
และยกระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นและมีประสิทธิภาพต่อไป

## บทที่ 3

### วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีการดำเนินการตามขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบแผนการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิจัย

#### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

##### 1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 13 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 495 คน

##### 2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม



## แบบแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ใช้แบบแผนการวิจัยแบบกลุ่มเดียว วัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pre-test and Post-test Design) ซึ่งมีแบบแผนการวิจัย ดังตาราง 5

ตาราง 5 แบบแผนของการวิจัย แบบกลุ่มเดียววัดผลก่อนและหลังการทดลอง (One Group Pre-test and Post-test Design)

กลุ่ม	การทดสอบก่อนการทดลอง	ตัวแปรทดลอง	การทดสอบหลังการทดลอง
กลุ่มการทดลอง	T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>

T<sub>1</sub> แทน การทดสอบก่อนการทดลอง (Pre-test)

X แทน การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

T<sub>2</sub> แทน การทดสอบหลังการทดลอง (Post-test)

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผน แผนละ 2-4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 15 ชั่วโมง (ไม่รวมการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้)

### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วัดความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่

#### 2.1.1 ความคล่องแคล่ว

2.1.2 ความคิดยืดหยุ่น

2.1.3 ความคิดริเริ่ม

2.1.4 ความคิดละเอียดลออ

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามมาตราวัดแบบลิเคิร์ต (Likert) โดยวัดความพึงพอใจ 5 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

## การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือ

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งดำเนินการสร้างเครื่องมือและหาคุณภาพของเครื่องมือตามขั้นตอน ดังนี้

### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการสร้างและพัฒนา ดังนี้

1.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (ฉบับปรับปรุง 2560) และหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

1.1.2 ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ เอกสารการสอน งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

1.1.3 ศึกษา วิเคราะห์รายละเอียด และจุดประสงค์การเรียนรู้ของเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย จากหนังสือวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สามารถกำหนดหัวข้อได้ ดังนี้

1.1.3.1 ความเข้มข้นของสารละลาย

1.1.3.2 การเตรียมสารละลาย

1.1.3.3 สมบัติบางประการของสารละลาย

1.1.4 ศึกษาและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของผลการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้แกนกลาง จุดประสงค์การเรียนรู้ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์  
สมรรถนะสำคัญ ความคิดสร้างสรรค์ วิธีสอน/กิจกรรมการสอน ภาระงานชิ้นงาน  
และเครื่องมือวัดผลประเมินผล เรื่อง สารละลาย สารเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้  
วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังตาราง 6

ตาราง 6 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาระเคมีมาตรฐานข้อที่ 3 ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ จุดประสงค์การเรียนรู้ สมรรถนะสำคัญ ทักษะ  
 ความคิดสร้างสรรค์ กิจกรรมการเรียนรู้ ภาระงานชิ้นงาน และการวัดผลประเมินผล ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
 มาตรฐานข้อที่ 3 เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของ  
 สารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้ และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวัน และการแก้ปัญหาทางเคมี

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สมรรถนะที่สำคัญ	ทักษะความคิดสร้างสรรค์	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงานชิ้นงาน	การวัดผลการประเมินผล
ม.4/9 คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ	- ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ	1. นักเรียนคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ ได้	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. ความคล่องแคล่ว 2. ความคิดยืดหยุ่น 3. ความคิดริเริ่ม 4. ความคิดละเอียดลออ	- การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา	- ใบงานความเข้มข้นของสารละลาย เรื่อง การสกัดน้ำมันจากเมล็ดยางพารา - นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน - ใบงานความเข้มข้นของสารละลาย เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล - นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน	1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3. แบบประเมินผลงานชิ้นงาน 3.1 เรื่อง การสกัดน้ำมันจากเมล็ดยางพารา 3.2 เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล 4. แบบสอบถามความพึงพอใจ

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สมรรถนะที่สำคัญ	ทักษะความคิดสร้างสรรค์	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัดผลการประเมินผล
ม.4/10 อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด	- ความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลาย	1. นักเรียนอธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนดได้	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. ความคล่องแคล่ว 2. ความคิดยืดหยุ่น 3. ความคิดริเริ่ม 4. ความคิดละเอียดลออ	- การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา	- ใบงานเรื่อง เจลแอลกอฮอล์ - นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน - ใบงานเรื่อง สบู่จากเลมอน - นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน	1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3. แบบประเมินผลงานชิ้นงาน 3.1 เรื่อง เจลแอลกอฮอล์ 3.2 เรื่อง สบู่จากเลมอน 4. แบบสอบถามความพึงพอใจ

ตาราง 6 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	สมรรถนะที่สำคัญ	ทักษะความคิดสร้างสรรค์	กิจกรรมการเรียนรู้	ภาระงาน/ชิ้นงาน	การวัดผลการประเมินผล
ม.4/10 เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย	- จุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย	1. นักเรียนเปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายได้	1. ความสามารถในการสื่อสาร 2. ความสามารถในการคิด 3. ความสามารถในการแก้ปัญหา 4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต 5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	1. ความคล่องแคล่ว 2. ความคิดยืดหยุ่น 3. ความคิดริเริ่ม 4. ความคิดละเอียดลออ	- การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา	- ใบงานเรื่อง ไอศกรีมหลอด - นำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน	1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ 2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 3. แบบประเมินผลงานชิ้นงาน 3.1 เรื่อง ไอศกรีมหลอด 4. แบบสอบถามความพึงพอใจ

1.1.5 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา สำหรับนักเรียน  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผน จำนวน 15 ชั่วโมง ซึ่งผู้วิจัยได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์  
ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับความคิดสร้างสรรค์ ด้านความคิดคล่องแคล่ว  
ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม ด้านความคิดละเอียดลออ ดังรายละเอียด  
แสดงในตาราง 7

ตาราง 7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแผนการจัดการเรียนรู้กับความคิดสร้างสรรค์

สาระการเรียนรู้	แผนการจัดการเรียนรู้	ความคิดสร้างสรรค์				เวลา (ชั่วโมง)
		ด้านความคิดคล่องแคล่ว	ด้านความคิดยืดหยุ่น	ด้านความคิดริเริ่ม	ด้านความคิดละเอียดลออ	
1. ความเข้มข้นของ สารละลาย	กิจกรรมที่ 1 เรื่อง การสกัดน้ำมัน จากเมล็ดยางพารา	✓	✓	✓	✓	3
	กิจกรรมที่ 2 เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล	✓	✓	✓	✓	3
2. การเตรียม สารละลาย	กิจกรรมที่ 3 เรื่อง เจลแอลกอฮอล์	✓	✓	✓	✓	2
	กิจกรรมที่ 4 เรื่อง สบู่จากเลมอน	✓	✓	✓	✓	3
3. สมบัติบางประการ ของสารละลาย	กิจกรรมที่ 5 เรื่อง ไอศกรีมหลอด	✓	✓	✓	✓	4

ในแต่ละแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้  
ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ ความรู้ (Knowledge)  
กระบวนการ (Process) คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude) กระบวนการจัดการเรียนรู้  
สื่ออุปกรณ์และแหล่งเรียนรู้ ชิ้นงาน/ภาระงาน การวัดและการประเมินผล และเครื่องมือที่  
ใช้ในการประเมิน

### 1.1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อ

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเที่ยงตรง ด้านเนื้อหา ภาษา และรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่ถือว่าสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หรือไม่ เพียงใด จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

1.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารละลาย ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง เที่ยงตรง เหมาะสม และความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) และวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วย

1) ผู้ช่วยศาสตราจารย์รศ.ดร.เทวีรัตน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

2) ดร.วุฒิชัย รสชาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

3) นางวัชรียา พรหมพันธ์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัชฌิมศึกษาสกลนคร

โดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 64-65)

ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อเห็นว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสมสอดคล้อง

นำผลคะแนนมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ โดยค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้อง โดยแผนการจัดการเรียนรู้ผลการวิเคราะห์มีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1 ทุกแผน

1.1.8 ปรับแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ในด้านความชัดเจนของข้อความถาม และเวลาที่กำหนดให้นักเรียนทำกิจกรรมในแต่ละชั่วโมง

1.1.9 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมอีกครั้ง แล้วนำไปหาค่าเฉลี่ยของแผนการจัดการเรียนรู้ของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามวิธีของลิเคิร์ต (Likert) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 69-71) ซึ่งมีคุณภาพเป็น 5 ระดับ ดังนี้



เหมาะสมมากที่สุด	ได้	5	คะแนน
เหมาะสมมาก	ได้	4	คะแนน
เหมาะสมปานกลาง	ได้	3	คะแนน
เหมาะสมน้อย	ได้	2	คะแนน
เหมาะสมน้อยที่สุด	ได้	1	คะแนน

#### เกณฑ์และการแปลความหมาย

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

#### 1.1.10 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านผู้เชี่ยวชาญประเมิน

และปรับปรุง แก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา ที่ไม่ใช้กลุ่มตัวอย่าง โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้สอน เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของเนื้อหา กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ให้สมบูรณ์

#### 1.1.11 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว จัดทำเป็นฉบับ

สมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา ปีการศึกษา 2563 ภาคเรียนที่ 2 จำนวน 40 คน

## 2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

### 2.1 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

#### 2.1.1 สร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยยึดแนวการสร้าง

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ เป็นแบบอัตนัย มี 6 กิจกรรม ที่พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทั้ง 4 ด้าน คือ ด้านความคล่องแคล่ว ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ ดังตาราง 8

ตาราง 8 วิเคราะห์โครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมกับความคิดสร้างสรรค์  
ในแต่ละด้านของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สารละลาย

กิจกรรม	จำนวน ข้อ	ความคิดสร้างสรรค์				รวมองค์ประกอบของ ความคิดสร้างสรรค์
		ด้านความคิดทดลองแล้ว	ด้านความคิดยืดหยุ่น	ด้านความคิดริเริ่ม	ด้านความคิดละเอียดลออ	
1. เขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น	1	√	-	-	-	1
2. เขียนผลที่เป็นไปได้ ของเหตุการณ์	1	-	√	-	-	1
3. เขียนประโยชน์พิเศษ ของสิ่งของที่กำหนดให้	1	-	√	-	-	1
4. การสร้างรูปภาพ	1	-	-	√	-	1
5. การต่อเติมรูปภาพ	1	-	-	-	√	1
6. การใช้เส้น	1	-	-	-	√	1
รวม	6	1	2	1	2	6

2.1.2 ผู้วิจัยได้สร้างเกณฑ์ในการตรวจให้คะแนนแบบทดสอบ  
วัดความคิดสร้างสรรค์ โดยการให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากเกณฑ์  
การให้คะแนนที่กำหนดโดยทอแรนซ์ ซึ่งแนวทางการตรวจให้คะแนนของผู้วิจัย  
ดังรายละเอียดแสดงในตาราง 9 และตาราง 10

ตาราง 9 การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนด โดยทอเรนซ์ ซึ่งแต่ละรายการจะได้รับคะแนนสูงสุด 4 คะแนน

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนน	คำอธิบาย
ความคิดคล่องแคล่ว	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาคำตอบได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ 1-2 ข้อ
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ตั้งแต่ 3 ข้อ ขึ้นไป
ความคิดยืดหยุ่น	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาวิธีการได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 1-2 วิธี
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 3 วิธี ขึ้นไป
ความคิดริเริ่ม	0	นักเรียนไม่ตอบ/ตอบแนวคิดทั่วไป/ ตอบแนวคิดทั่วไปและไม่มีความคิดริเริ่ม
	2	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร ในระดับปานกลาง
	4	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร มีความคิดที่แปลกใหม่
ความคิดละเอียดลออ	0	ไม่มีการเติมแต่งความคิดจากนักเรียน
	2	มีการเพิ่มแนวคิดต่าง ๆ จากนักเรียน
	4	มีความคิดที่ไม่ธรรมดาจากนักเรียน

ที่มา: Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., Binti, N. D., & Alias, M. I. B.  
(2020, p. 755)

ตาราง 10 ระดับความคิดสร้างสรรค์

เกณฑ์คะแนน	ระดับความคิดสร้างสรรค์
68-100	สร้างสรรค์มาก (ระดับสูง)
34-67	สร้างสรรค์ปานกลาง (ระดับปานกลาง)
0-33	สร้างสรรค์ต่ำ (ระดับต่ำ)

ที่มา: Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., Binti, N. D., & Alias, M. I. B.  
(2020, p.755)

2.1.3 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น  
เสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.1.4 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น  
เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา วิเคราะห์  
ความสอดคล้องในด้านความสัมพันธ์ ความเหมาะสมของตัวเลือก และภาษาที่ใช้  
โดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อเห็นว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมกับสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสมสอดคล้อง

นำคะแนนมาหาค่า IOC โดยค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้อง

2.1.5 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง สารละลาย  
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว มาปรับปรุงแก้ไขให้มี  
ความถูกต้องสมบูรณ์ จากนั้นนำไปทดลองสอน (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อ  
ตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและภาษาที่ใช้ ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการทดสอบ  
จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ให้สมบูรณ์

2.1.6 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์  
มีค่าความเชื่อมั่นโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$ -Coefficient) ตามวิธีของครอนบาค  
(Cronbach) ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.88

2.1.7 นำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว  
จัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองสอนกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 4/1 โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 40 คน

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร  
เกี่ยวกับการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้าง  
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

2.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช  
2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ขั้นตอนและวิธีการสร้างแบบทดสอบวัด  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจากหนังสือเทคนิคการเขียนข้อสอบของ สมณี กัททิยธนี  
(2541, หน้า 11-28)

### 2.2.2 วิเคราะห์หลักสูตรกำหนดสาระการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้

ที่คาดหวัง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และจำนวนแบบทดสอบ เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากนั้นสร้างแบบทดสอบให้ครอบคลุมเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ที่วัดพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัยทั้ง 6 ด้าน เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ เพื่อคัดเลือกไว้ใช้จริงจำนวน 30 ข้อ ดังตาราง 11

ตาราง 11 วิเคราะห์โครงสร้าง ความสัมพันธ์ระหว่างผลเรียนรู้กับพฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ในแต่ละด้านของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย

ผลการเรียนรู้	พฤติกรรมพุทธิพิสัย ที่ต้องการวัด 6 ด้าน						รวม
	ด้านความรู้ความจำ	ด้านความเข้าใจ	ด้านกาอ่านไปใช้	ด้านการวิเคราะห์	ด้านการประเมินค่า	ด้านการสร้างสรรค์	
1. คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ	4	5	5	2	1	1	18
2. อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด	4	1	1	1	1	2	10
3. เปรียบเทียบจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลายกับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุดเดือดและจุดเยือกแข็งของสารละลาย	2	2	2	1	3	2	12
รวม	10	8	8	4	5	5	40
จำนวนข้อที่ต้องการ	5	5	5	5	5	5	30

### 2.2.3 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษา

วิทยานิพนธ์เพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วนำเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ซึ่งเป็นชุดเดิม วิเคราะห์ข้อมูลความสอดคล้องในด้านความสัมพันธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเนื้อหา ความเหมาะสมของตัวเลือก และภาษาที่ใช้ โดยใช้แบบตรวจสอบคุณภาพของผู้เชี่ยวชาญ การหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยให้ผู้เชี่ยวชาญลงความเห็นและให้คะแนน ดังนี้

ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อเห็นว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสมสอดคล้อง

นำคะแนนมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ IOC

โดยพิจารณาค่าดัชนีความสอดคล้องตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป ถือว่ามีความสอดคล้อง

2.2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เรียบร้อยแล้ว เสนอต่คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

2.2.5 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา ปีการศึกษา 2563 สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนครที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างเพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของรูปแบบและภาษาที่ใช้ ตลอดจนเวลาที่ใช้ในการทดสอบ จากนั้นทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนให้สมบูรณ์

2.2.6 นำผลการทดสอบของนักเรียนมาวิเคราะห์หาค่าความยาก ตั้งแต่ 0.2–0.8 และค่าอำนาจจำแนก ตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป คัดเลือกข้อสอบที่ค่าความยาก และค่าอำนาจจำแนก จำนวน 30 ข้อ นำข้อสอบที่คัดเลือก 30 ข้อ ไปวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder, F., 1991. p. 873)

2.2.7 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.80 ซึ่งผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) อยู่ระหว่าง 0.35–0.75 และค่าอำนาจจำแนก (r) อยู่ระหว่าง 0.20–0.65

2.2.8 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ได้ไปจัดพิมพ์เป็นแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สมบูรณ์เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

### 2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ

2.3.1 ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ และสร้างแบบแบบสอบถามความพึงพอใจแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามแบบของลิเคิร์ต (Likert) เป็น 5 ระดับ ดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง ฟังพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง ฟังพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง ฟังพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง ฟังพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง ฟังพอใจน้อยที่สุด

โดยผู้วิจัยกำหนดไว้ 5 ด้าน คือ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดผลและประเมินผล และด้านประโยชน์ที่ได้รับตรวจสอบ คุณภาพของแบบสอบถามความพึงพอใจเพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความชัดเจนของภาษาและความสอดคล้องระหว่างข้อความกับเนื้อหา

2.3.2 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข

2.3.3 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 3 คน เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา วิเคราะห์ความสอดคล้องในด้านความสัมพันธ์ ความเหมาะสมของตัวเลือก และภาษาที่ใช้

2.3.4 นำผลการตรวจสอบของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์ความสอดคล้องโดยค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์

ให้คะแนนเป็น +1 เมื่อเห็นว่าเหมาะสมสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าเหมาะสมกับสอดคล้อง

ให้คะแนนเป็น -1 เมื่อแน่ใจว่าไม่เหมาะสมสอดคล้อง

2.3.5 คัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ตั้งแต่ 0.50–1.00 จากพิจารณาของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 3 คน

2.3.6 วิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์คัดเลือกข้อที่มีค่า 0.50–1.00 จำนวน 20 ข้อ

2.3.7 นำแบบสอบถามความพึงพอใจที่วิเคราะห์หาคุณภาพแล้วจัดพิมพ์เพื่อนำไปเก็บข้อมูลกับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ที่กำลังศึกษาใน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา จำนวน 40 คน ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ซึ่งได้เลขหนังสือรับรองโครงการวิจัย คือ 012/2564
2. จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ไปยังโรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา ซึ่งเป็นโรงเรียนกลุ่มตัวอย่างประสานงานกับผู้บริหารโรงเรียน เพื่อกำหนด วัน เวลา ในการทดลอง
3. ครูชี้แจงอธิบายวิธีการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้นักเรียนเข้าใจ
4. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 4 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นก่อนที่จะดำเนินการสอน
5. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง
6. เมื่อสิ้นสุดการสอนครบทุกแผนแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับเดียวกันกับการวัดผลก่อนเรียน (Pre-test)
7. เมื่อสิ้นสุดการสอนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
8. ผู้วิจัยนำผลคะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และอภิปรายผลต่อไป



## การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระหว่างเรียน แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาประสิทธิภาพของกระบวนการ  $E_1$  ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  $E_2$  ตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้
3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียน ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที่แบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Sample)
4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าที่แบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Sample)
5. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## สถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีสถิติที่ใช้ในการวิจัย ดังนี้

1. สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บุญชม ศรีสะอาด, 2546, หน้า 105)
  - 1.1 ค่าร้อยละ (Percentage) หาได้จากการเทียบความถี่หรือจำนวนที่ต้องการกับความถี่หรือจำนวนทั้งหมดที่เทียบเป็น 100 ดังนี้

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

เมื่อ P แทน ร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย (Arithmetic Mean) หรือตัวกลางเลขคณิตหรือคะแนนเฉลี่ย

จากสูตร

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

เมื่อ  $\bar{X}$  แทน ค่าเฉลี่ย

$\sum x$  แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.)

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

เมื่อ S.D. แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$\sum x$  แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

$\sum x^2$  แทน ผลรวมของคะแนนยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

## 2. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์หาคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 การหาค่าดัชนีความเที่ยงตรง (Validity) ด้านความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา  
ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ,  
2540, หน้า 183-185)

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

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับ  
 วัตถุประสงค์กับเนื้อหาหรือระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์  
 $\sum R$  แทน ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด  
 $n$  แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

2.2 การหาค่าความยาก (Difficulty) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้สูตร (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, หน้า 81)

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

เมื่อ  $p$  แทน ระดับความยาก  
 $R$  แทน จำนวนผู้ตอบถูกทั้งหมด  
 $N$  แทน จำนวนคนในกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

2.3 หาค่าอำนาจจำแนก ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (บุญเชิด ภิญาญอนันตพงษ์, 2549, หน้า 135-139)

$$r = \frac{U}{n_1} - \frac{L}{n_2}$$

เมื่อ  $r$  แทน ค่าอำนาจจำแนกรายข้อของแบบทดสอบ  
 $n_1$  แทน จำนวนคนรอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์  
 $n_2$  แทน จำนวนคนไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์  
 $U$  แทน จำนวนคนรอบรู้หรือสอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก  
 $L$  แทน จำนวนคนไม่รอบรู้หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก

2.4 หาค่าความเที่ยงตรง หรือค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) (บุญชม ศรีสะอาด, 2537, หน้า 85)

$$KR-20 \text{ หรือ } r_{tt} = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum pq}{s^2} \right]$$

เมื่อ  $r_{tt}$  แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

- k แทน จำนวนข้อสอบของแบบทดสอบ  
 p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ (R/N)  
 R แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้น  
 N แทน จำนวนผู้สอบ  
 q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = 1-p  
 S<sup>2</sup> แทน ความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

2.5 หาค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์แบบทดสอบ  
 วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบประเมินความพึงพอใจโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา  
 ( $\alpha$ -Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) (ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน, 2551, หน้า 88-89)

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

- เมื่อ  $\alpha$  แทน ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น  
 $\sum S_i^2$  แทน ผลรวมของความแปรปรวนของคะแนนในแต่ละข้อ  
 $S_t^2$  แทน ความแปรปรวนของเครื่องมือทั้งฉบับ  
 n แทน จำนวนข้อของแบบวัด

### 3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 หาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้  
 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา โดยใช้สูตรในการคำนวณ  $E_1/E_2$  (เพชฌ กิจระการ,  
 2545, หน้า 49-51) ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{A} \times 100$$

- เมื่อ  $E_1$  แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum x$  แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบระหว่างเรียน  
 ของนักเรียนทุกคน  
 N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด  
 A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\sum Y}{N}}{B} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

$\sum Y$  แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน  
ของนักเรียนทุกคน

$N$  แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

$B$  แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 2 และ 3 ในการเปรียบเทียบแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติการทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Sample) (บุญชม ศรีสะอาด, 2546, หน้า 109) ดังนี้

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

เมื่อ  $t$  แทน ค่าสถิติที่จะใช้เปรียบเทียบกับค่าวิกฤติ  
เพื่อทราบความมีนัยสำคัญ

$D$  แทน ค่าผลต่างระหว่างคู่คะแนน

$N$  แทน จำนวนกลุ่มตัวอย่างหรือจำนวนคู่คะแนน

ทดสอบสมมติฐานข้อที่ 4 โดยหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของประเมินความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการเรียนโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้สเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของกลุ่มเป้าหมายครบทุกหน่วย แล้วนำค่าคะแนนเฉลี่ยมาเทียบกับเกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51–5.00 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51–4.50 หมายถึง เหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51–3.50 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51–2.50 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00–1.50 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการวิจัย เรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลมีความชัดเจนและเกิดความเข้าใจ  
ตรงกันในการแปลความหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียน
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
$E_1$	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
$E_2$	แทน	ประสิทธิภาพผลลัพธ์ที่เกิดจากแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
D	แทน	ผลต่างระหว่างคู่คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน
$\sum D^2$	แทน	ผลรวมของผลต่างของคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนยกกำลังสอง
t	แทน	สถิติที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าวิกฤต
**	แทน	ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

## ขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

### ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1. ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80
2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียน เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
4. ผลความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย

### ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

1. สังเกตพฤติกรรมกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา ติดตามดูพฤติกรรมเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจของนักเรียน
2. การสัมภาษณ์และซักถามนักเรียนในระหว่างเรียนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
3. ตรวจสอบผลงาน ชิ้นงาน ที่ได้รับมอบหมายในการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
4. การนำเสนอผลงาน ชิ้นงาน ที่ได้จากการทำกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา จากนั้นผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และสรุปข้อมูลเชิงคุณภาพ แยกเป็น 3 ด้าน คือ ความคิดสร้างสรรค์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียน

## ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

### ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

1. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

ผลการหาประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) โดยหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 5 แผน และหาค่า ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ ) โดยหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 12

ตาราง 12 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) ของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แผนการจัดการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
แผนที่ 1 ความเข้มข้นของสารละลาย	20	18.00	0.69	88.00
แผนที่ 2 ความเข้มข้นของสารละลาย	20	17.00	0.98	84.69
แผนที่ 3 การเตรียมสารละลาย	20	18.00	0.72	89.56
แผนที่ 4 การเตรียมสารละลาย	20	18.00	0.36	91.63
แผนที่ 5 สมบัติบางประการของสารละลาย	20	19.00	0.69	93.38
แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังเรียน	100	73.00	3.59	72.51
รวม	200	161.97		



จากตาราง 12 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการทำใบกิจกรรม ชิ้นงาน และแบบทดสอบหลังเรียนซึ่งประกอบด้วยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 5 แผน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 161.97

ตาราง 13 การวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ ) ของการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

แบบทดสอบ	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์	100	80.15	5.73	80.15
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	24.00	2.10	80.00
รวม	130	104.15		

จากตาราง 13 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_2$ ) ของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้จากการทำแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หลังการทดสอบเสร็จสิ้นลง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 104.15

ตาราง 14 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

กระบวนการ/ผลลัพธ์	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	ร้อยละ
ประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ )	40	200	161.97	3.91	80.98
ประสิทธิภาพผลลัพธ์ ( $E_2$ )	40	130	104.14	7.22	80.11

จากตาราง 14 ผลการวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ตามเกณฑ์ 80/80 พบว่า ประสิทธิภาพของกระบวนการ ( $E_1$ ) คิดเป็นร้อยละ 80.98

และประสิทธิภาพผลลัพธ์ (E<sub>2</sub>) คิดเป็นร้อยละ 80.11 ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 80.98/80.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย โดยใช้สถิติทดสอบค่าที่แบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Sample) ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 15

ตาราง 15 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

ความคิดสร้างสรรค์	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	40	100	42.75	9.13	31.08**
หลังเรียน	40	100	80.15	5.18	

\*\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับ .01; df = 39  $t_{39} = 2.43$ )

จากตาราง 15 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ก่อนและหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 42.75 และ 80.25 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 100 คะแนน ผลการวิเคราะห์ค่า t ปรากฏว่า ค่า t จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 31.08 เมื่อพิจารณาค่า t จากตาราง (df เท่ากับ 39) มีค่า t เท่ากับ 2.43 แสดงว่า นักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนและหลังเรียน เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย โดยใช้สถิติทดสอบค่าที่แบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Sample) ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 16

ตาราง 16 การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4  
ก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	N	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t
ก่อนเรียน	40	30	13.47	2.09	28.42**
หลังเรียน	40	30	24.00	2.10	

\*\*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ค่าวิกฤตของ t ที่ระดับ .01;  $df = 39$   $t_{39} = 2.43$ )

จากตาราง 16 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ก่อนเรียนและหลังเรียน มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.47 และ 24.00 ตามลำดับ จากคะแนนเต็ม 30 คะแนน ผลการวิเคราะห์ค่า t ปรากฏว่า ค่า t จากการคำนวณมีค่าเท่ากับ 28.42 เมื่อพิจารณาค่า t จากตาราง ( $df$  เท่ากับ 39) มีค่า t เท่ากับ 2.43 แสดงว่า นักเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ผลความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย

ผลของความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาเรื่อง สารละลาย โดยหาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 17

ตาราง 17 ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้  
แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความ พึงพอใจ
	ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้			
1	ได้รับความรู้ เรื่อง สารละลาย ที่มีความสอดคล้อง กับจุดประสงค์และผลการเรียนรู้	4.62	0.58	มากที่สุด
2	เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องทำให้นักเรียนสามารถนำ ความรู้ไปใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้	4.52	0.59	มากที่สุด
3	เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจและเกิดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	4.50	0.59	มาก
4	เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องมีความเหมาะสม กับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้	4.60	0.54	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.56	0.58	มากที่สุด
	ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้			
5	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหา	4.35	0.70	มาก
6	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	4.55	0.71	มากที่สุด
7	กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกความคิด สร้างสรรค์	4.65	0.58	มากที่สุด
8	กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรม ด้วยตนเอง	4.80	0.46	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.59	0.61	มากที่สุด

ตาราง 17 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
	ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้			
9	สื่อและอุปกรณ์เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้	4.52	0.64	มากที่สุด
10	สื่อและอุปกรณ์เหมาะสมกับการจัดกิจกรรม	4.52	0.59	มากที่สุด
11	สื่อและอุปกรณ์ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจ และช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้	4.62	0.58	มากที่สุด
12	สื่อและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่น ๆ ได้	4.65	0.58	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.58	0.60	มากที่สุด
	ด้านการวัดและประเมินผล			
13	วิธีการวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนการสอน	4.40	0.63	มาก
14	นักเรียนมีส่วนร่วมในการวัดและการประเมินผล	4.47	0.64	มาก
15	การวัดและประเมินผลเป็นไปตามระเบียบกฎเกณฑ์และข้อตกลงที่กำหนดไว้ล่วงหน้า	4.62	0.58	มากที่สุด
16	การวัดและประเมินผลมีประสิทธิภาพและยุติธรรม	4.57	0.63	มากที่สุด
	เฉลี่ย	4.52	0.62	มากที่สุด
	ด้านประโยชน์ที่ได้รับ			
17	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	4.37	0.70	มาก
18	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้	4.65	0.62	มากที่สุด
19	การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์	4.50	0.64	มาก
20	การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจโดยใช้เหตุผลมากขึ้น	4.77	0.53	มาก
	เฉลี่ย	4.57	0.62	มากที่สุด
	เฉลี่ยรวม	4.57	0.61	มากที่สุด

จากตาราง 17 ผลของความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.57 คะแนน ความพึงพอใจของนักเรียนอยู่ในระดับมากที่สุด ความพึงพอใจในแต่ละด้าน เรียงจาก ลำดับมากที่สุดไปหาน้อยที่สุด คือ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 4.59 คะแนน ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 4.58 คะแนน ด้านประโยชน์ที่ได้รับ มีค่าเท่ากับ 4.57 คะแนน ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ มีค่าเท่ากับ 4.56 และด้านการวัดและประเมินผล มีค่าเท่ากับ 4.52 คะแนน ซึ่งความพึงพอใจของนักเรียนในแต่ละด้านอยู่ในระดับมากที่สุด

## ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากการสังเกต พฤติกรรมการทำงานของนักเรียน ชักถามและสัมภาษณ์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

### 1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

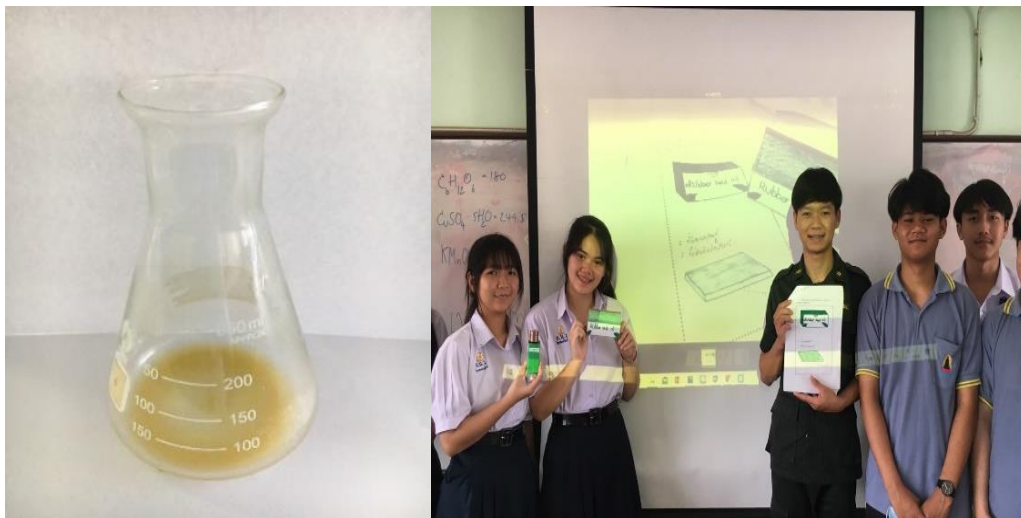
การจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จากการสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ และตรวจผลงาน ชิ้นงาน พบว่า ในช่วงแรกนักเรียนไม่เข้าใจคำถามในการวัดความคิด สร้างสรรค์ เนื่องจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เป็นข้อสอบเปิดกว้างให้นักเรียน คิดหาคำตอบได้หลายแง่มุม นักเรียนไม่กล้าตอบคำถามแบบเปิดกว้างเนื่องจากกลัวตอบ ผิด หลังจากนั้นนักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมตามแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 5 แผน นักเรียน สามารถตอบได้หลายแง่มุมมากขึ้น สามารถคิดได้รอบด้าน รวมถึงการคิดสร้างสรรค์ เพื่อพัฒนาผลงาน ชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น การแสดงออกทางความคิดที่ไม่มีขีดจำกัด ดังคำตอบ จากการสัมภาษณ์นักเรียน ดังนี้

“ชอบกิจกรรมการเรียนรู้แบบนี้ เรียนสนุก ได้ระดมความคิดในการ พัฒนาชิ้นงาน ได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบบรรจุภัณฑ์”

“ได้ช่วยกันคิดออกแบบชิ้นงานที่แปลกใหม่ สามารถแสดง ความคิดสร้างสรรค์ได้เต็มที่ ตื่นเต้นทุกครั้งที่ได้นำเสนอชิ้นงาน และได้แลกเปลี่ยนเรียนรู้ กับเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ”



ภาพประกอบ 5 บรรยากาศในการทำกิจกรรมเมล็ดยางพาราแปลงร่าง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย



ภาพประกอบ 6 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมเมล็ดยางพาราแปลงร่าง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย



ภาพประกอบ 7 บรรยากาศในการทำกิจกรรมพลังงานทางเลือกไบโอดีเซล โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย



ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมพลังงานทางเลือกไบโอดีเซล โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย





ภาพประกอบ 9 บรรยากาศในการทำกิจกรรมมหัศจรรย์เจลล้างมือสุดเจ๋ง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง การเตรียมสารละลาย



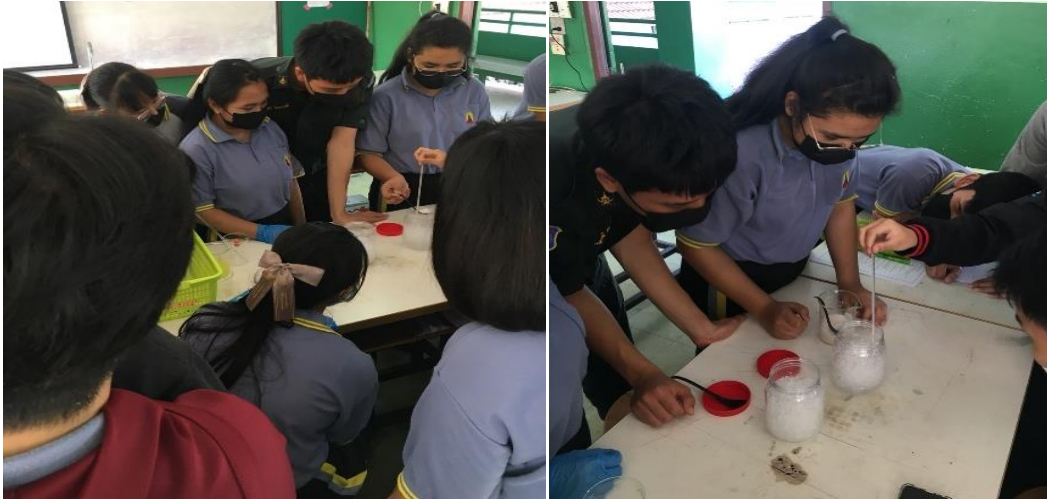
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมมหัศจรรย์เจลล้างมือสุดเจ๋ง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง การเตรียมสารละลาย



ภาพประกอบ 11 บรรยากาศในการทำกิจกรรมสบู์เลมอน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง การเตรียมสารละลาย



ภาพประกอบ 12 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมสบู์เลมอน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง การเตรียมสารละลาย



ภาพประกอบ 13 บรรยากาศในการทำกิจกรรมเรียนรู้ด้วยไอศกรีมหลอด  
โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
เรื่อง สมบัติบางประการของสารละลาย



ภาพประกอบ 14 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนในการทำกิจกรรมเรียนรู้ด้วยไอศกรีม  
หลอด โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สมบัติบาง  
ประการของสารละลาย

## 2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน

2.1 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว และด้านความคิดยืดหยุ่น ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่วและด้านความคิดยืดหยุ่น ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 18

ตาราง 18 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว และด้านความคิดยืดหยุ่น ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้	คำตอบของนักเรียน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุตัวละลายที่สามารถนำมากัดเป็นน้ำดื่มแล้วรับประทานเพื่อนำมันที่ได้มาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. น้ำ ..... 11</p> <p>2. ออลิโกมีรีค ..... 12</p> <p>3. โมลิวดาต ..... 13</p> <p>4. อะซีโตน ..... 14</p> <p>5. ..... 15</p> <p>6. ..... 16</p> <p>7. ..... 17</p> <p>8. ..... 18</p> <p>9. ..... 19</p> <p>10. ..... 20</p>	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุตัวละลายที่สามารถนำมากัดเป็นน้ำดื่มแล้วรับประทานเพื่อนำมันที่ได้มาเป็นสารตั้งต้นในการผลิตไบโอดีเซลได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. โมลิวดาต ..... 11</p> <p>2. อะซีโตน ..... 12</p> <p>3. โมลิวดาต ..... 13</p> <p>4. อะซีโตน ..... 14</p> <p>5. น้ำ ..... 15</p> <p>6. โมลิวดาต ..... 16</p> <p>7. โมลิวดาต ..... 17</p> <p>8. ..... 18</p> <p>9. ..... 19</p> <p>10. ..... 20</p>
2	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุตัวและตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถนำมากัดไบโอดีเซลได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. โมลิวดาต ..... 11</p> <p>2. โมลิวดาต ..... 12</p> <p>3. โมลิวดาต ..... 13</p> <p>4. โมลิวดาต ..... 14</p> <p>5. ..... 15</p> <p>6. ..... 16</p> <p>7. ..... 17</p> <p>8. ..... 18</p> <p>9. ..... 19</p> <p>10. ..... 20</p>	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุตัวและตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถนำมากัดไบโอดีเซลได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. โมลิวดาต ..... 11</p> <p>2. โมลิวดาต ..... 12</p> <p>3. โมลิวดาต ..... 13</p> <p>4. โมลิวดาต ..... 14</p> <p>5. โมลิวดาต ..... 15</p> <p>6. โมลิวดาต ..... 16</p> <p>7. โมลิวดาต ..... 17</p> <p>8. โมลิวดาต ..... 18</p> <p>9. โมลิวดาต ..... 19</p> <p>10. โมลิวดาต ..... 20</p>

ตาราง 18 (ต่อ)



แผนการ จัดการเรียนรู้	คำตอบของนักเรียน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
3	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุสิ่งที่สามารถนำมาคิดแยกย่อยได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. ..... 2. ..... 11. ....</p> <p>3. ..... 12. ....</p> <p>4. ..... 13. ....</p> <p>5. ..... 14. ....</p> <p>6. .... 15. ....</p> <p>7. .... 16. ....</p> <p>8. .... 17. ....</p> <p>9. .... 18. ....</p> <p>10. .... 19. ....</p> <p>..... 20. ....</p>	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุสิ่งที่สามารถนำมาคิดแยกย่อยได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. ..... 2. ..... 11. ....</p> <p>3. ..... 12. ....</p> <p>4. ..... 13. ....</p> <p>5. ..... 14. ....</p> <p>6. .... 15. ....</p> <p>7. .... 16. ....</p> <p>8. .... 17. ....</p> <p>9. .... 18. ....</p> <p>10. .... 19. ....</p> <p>..... 20. ....</p>
4	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุสิ่งที่สามารถนำมาคิดสรุปได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. ..... 11. ....</p> <p>2. .... 12. ....</p> <p>3. .... 13. ....</p> <p>4. .... 14. ....</p> <p>5. .... 15. ....</p> <p>6. .... 16. ....</p> <p>7. .... 17. ....</p> <p>8. .... 18. ....</p> <p>9. .... 19. ....</p> <p>10. .... 20. ....</p>	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุสิ่งที่สามารถนำมาคิดสรุปได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. .... 11. ....</p> <p>2. .... 12. ....</p> <p>3. .... 13. ....</p> <p>4. .... 14. ....</p> <p>5. .... 15. ....</p> <p>6. .... 16. ....</p> <p>7. .... 17. ....</p> <p>8. .... 18. ....</p> <p>9. .... 19. ....</p> <p>10. .... 20. ....</p>
5	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุสิ่งที่สามารถนำมาคิดเชื่อมโยงกันเพื่อคิดได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. ..... 11. ....</p> <p>2. .... 12. ....</p> <p>3. .... 13. ....</p> <p>4. .... 14. ....</p> <p>5. .... 15. ....</p> <p>6. .... 16. ....</p> <p>7. .... 17. ....</p> <p>8. .... 18. ....</p> <p>9. .... 19. ....</p> <p>10. .... 20. ....</p>	<p>กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว</p> <p>โจทย์ ให้นักเรียนระบุสิ่งที่สามารถนำมาคิดเชื่อมโยงกันเพื่อคิดได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที</p> <p>1. ..... 11. ....</p> <p>2. .... 12. ....</p> <p>3. .... 13. ....</p> <p>4. .... 14. ....</p> <p>5. .... 15. ....</p> <p>6. .... 16. ....</p> <p>7. .... 17. ....</p> <p>8. .... 18. ....</p> <p>9. .... 19. ....</p> <p>10. .... 20. ....</p>

จากตาราง 18 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว และด้านความคิดยืดหยุ่น ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา นักเรียนไม่เข้าใจคำถามในการวัดความคิดสร้างสรรค์ เนื่องจากแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ เป็นข้อสอบเปิดกว้าง ให้นักเรียนคิดหาคำตอบได้หลายแง่มุม นักเรียนไม่กล้าตอบคำถามแบบเปิดกว้าง เนื่องจากกลัวตอบผิด นักเรียนยังขาดความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล่องแคล่ว และด้านความคิดยืดหยุ่น อยู่มาก คิดได้ช้า ส่วนมากมีพฤติกรรมการคิดตามเพื่อน สังเกตจากการตอบแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ส่วนใหญ่มีคำตอบเหมือนกัน หลังการจัดการเรียนรู้

แบบสเต็มศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 5 แผน นักเรียนเข้าใจคำถามในการวัดความคิดสร้างสรรค์ นักเรียนสามารถตอบได้หลายแง่มุมมากขึ้น สามารถคิดได้รอบด้าน รวมถึงการคิดสร้างสรรค์เพื่อพัฒนาผลงาน ชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้น การแสดงออกทางความคิดที่ไม่มีขีดจำกัด

## 2.2 การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม

และความคิดละเอียดลออ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา


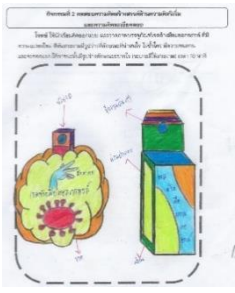
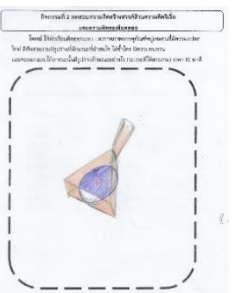



ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ผลการวิเคราะห์ ดังตาราง 19

ตาราง 19 ตัวอย่างผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม

และความคิดละเอียดลออ ก่อนเรียนและหลังเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

แผนการจัดการเรียนรู้	คำตอบของนักเรียน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
1		
2		

ตาราง 19 (ต่อ)

แผนการ จัดการเรียนรู้	คำตอบของนักเรียน	
	ก่อนเรียน	หลังเรียน
3	<p>กิจกรรม 3 วรรณกรรมสำหรับเด็กเรื่องผีเสื้อแสนสวย</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้: นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของผีเสื้อแสนสวยได้</p> 	<p>กิจกรรม 3 วรรณกรรมสำหรับเด็กเรื่องผีเสื้อแสนสวย</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้: นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของผีเสื้อแสนสวยได้</p> 
4	<p>กิจกรรม 4 วรรณกรรมสำหรับเด็กเรื่องผีเสื้อแสนสวย</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้: นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของผีเสื้อแสนสวยได้</p> 	<p>กิจกรรม 4 วรรณกรรมสำหรับเด็กเรื่องผีเสื้อแสนสวย</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้: นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของผีเสื้อแสนสวยได้</p> 
5	<p>กิจกรรม 5 วรรณกรรมสำหรับเด็กเรื่องผีเสื้อแสนสวย</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้: นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของผีเสื้อแสนสวยได้</p> 	<p>กิจกรรม 5 วรรณกรรมสำหรับเด็กเรื่องผีเสื้อแสนสวย</p> <p>จุดประสงค์การเรียนรู้: นักเรียนสามารถอธิบายลักษณะของผีเสื้อแสนสวยได้</p> 

จากตาราง 19 ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา นักเรียนไม่กล้าตอบคำถามแบบเปิดกว้าง เนื่องจากกลัวตอบผิด นักเรียนยังขาดความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลอออยู่มาก คิดได้ซ้ำ ไม่ตกแต่งรายละเอียดของผลงาน ส่วนมากมีพฤติกรรมการคิดคำตอบตามเพื่อน สังเกตจากการตอบแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน ส่วนใหญ่มีผลงานเหมือนกันหรือคล้ายกัน มีการใช้ความคิดแบบธรรมดาหรือเรียบง่าย หลังการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาตามแผนการจัดการเรียนรู้ ทั้ง 5 แผน นักเรียนเข้าใจคำถามในการ

วัดความคิดสร้างสรรค์ ผลงานของนักเรียนมีความแตกต่างจากเดิม มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างลักษณะของผลงานมากขึ้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนเริ่มมีความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ มีการนำความรู้เดิมผสมผสานกับความรู้ใหม่ ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงผลงานของตนเองให้ได้ผลงานที่มีความแปลกใหม่ และมีการตอบคำถามด้วยความคิดที่แตกต่างจากเดิม สามารถตกแต่งรายละเอียดของผลงานได้สมบูรณ์ดีขึ้นมาก และไม่ซ้ำกับความคิดของเพื่อนคนอื่น



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปราย และข้อเสนอแนะ

ในการวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา โดยผู้วิจัยได้สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะตามหัวข้อ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สมมติฐานของการวิจัย
3. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สรุปผลการวิจัย
8. อภิปรายผลการศึกษาวิจัย
9. ข้อเสนอแนะ

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยกำหนดความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ ดังนี้

1. สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ให้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
3. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

4. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

### สมมติฐานของการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80
2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน
4. ความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา อยู่ในระดับมาก

### ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชาตุนารายณ์วิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 13 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 495 คน

#### 2. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชาตุนารายณ์วิทยา สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 1 ห้องเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 จำนวน 40 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยใช้ห้องเรียนเป็นหน่วยสุ่ม

## เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ดังนี้

### 1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 5 แผน แผนละ 2-4 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 15 ชั่วโมง (ไม่รวมการทดสอบด้วยแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้)

### 2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2.1 แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วัดความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน ได้แก่

2.1.1 ความคล่องแคล่ว

2.1.2 ความคิดยืดหยุ่น

2.1.3 ความคิดริเริ่ม

2.1.4 ความคิดละเอียดลออ

2.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบสอบถามเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ตามมาตราวัดแบบลิเคิร์ต (Likert) โดยวัดความพึงพอใจ 5 ด้าน ดังนี้ ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้ ด้านการวัดและประเมินผล และด้านประโยชน์ที่ได้รับ

## การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองโดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1 ที่กำลังศึกษาใน ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนธาดานารายณ์วิทยา จำนวน 40 คน ได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ดำเนินการขอจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ ณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ซึ่งได้เลขหนังสือรับรองโครงการวิจัย คือ 012/2564
2. จัดทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูลจากมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ไปยังโรงเรียนธาดานารายณ์วิทยา เป็นโรงเรียนกลุ่มตัวอย่าง ประสานงานกับผู้บริหารโรงเรียน เพื่อกำหนด วัน เวลา ในการทดลอง
3. ครูชี้แจงอธิบายวิธีการเรียนโดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้นักเรียนเข้าใจ
4. ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ จำนวน 4 ข้อ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นก่อนที่จะดำเนินการสอน
5. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยเป็นผู้จัดการเรียนการสอนด้วยตนเอง
6. เมื่อสิ้นสุดการสอนครบทุกแผนแล้ว จึงทำการทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ฉบับเดียวกันกับการวัดผลก่อนเรียน (Pre-test)
7. เมื่อสิ้นสุดการสอนครบทุกแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ให้นักเรียนทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
8. ผู้วิจัยนำผลคะแนนจากการตรวจแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ข้อมูล สรุปผล และอภิปรายผลต่อไป

## การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนระหว่างเรียน แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบสอบถามความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยหาประสิทธิภาพของกระบวนการ  $E_1$  ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  $E_2$  ตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้
3. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียน ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Sample)
4. การวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติทดสอบค่าทีแบบกลุ่มที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน (t-test for Dependent Sample)
5. ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ด้วยค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

## สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิจัยสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.98/80.11 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

2. ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้อแบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้อแบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4. ความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อแบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความพึงพอใจเฉลี่ยทั้ง 5 ด้าน เท่ากับ 4.57 คะแนน ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด

### อภิปรายผลการวิจัย

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้อแบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ผู้วิจัยนำเสนอผลการอภิปราย ดังนี้

1. ประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้อแบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีประสิทธิภาพเท่ากับ 80.98/80.11 สูงกว่าเกณฑ์ 80/80 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้อแบบสเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนได้ลงมือกระทำและพัฒนาทักษะต่าง ๆ มีจุดมุ่งหมายเพื่อส่งเสริมให้ผู้เรียนมีความสนใจใคร่รู้ แสวงหาคำตอบด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีการพัฒนาที่เหมาะสม เพื่อส่งเสริมและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และมีกระบวนการพัฒนาตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบ และมีวิธีการที่เหมาะสม โดยนำแผนการจัดการเรียนรู้อที่พัฒนาขึ้นเสนอต่อคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อขอคำแนะนำแก้ไขในส่วนที่ยังไม่สมบูรณ์ จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้อไปให้ผู้เชี่ยวชาญ พิจารณาความเหมาะสมและประเมินคุณภาพ ซึ่งผลการประเมินแผนการจัดการเรียนรู้อ ทั้ง 5 แผน ได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.92 แสดงให้เห็นว่าแผนการจัดการเรียนรู้อที่พัฒนาขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่มีความเหมาะสมมากที่สุด จากนั้นได้ทำการปรับปรุงแก้ไข แล้วนำแผนการสอนไปทดลองใช้เพื่อหาคุณภาพ ก่อนที่จะนำไปทดลองจริงกับกลุ่มตัวอย่าง ส่งผลทำให้แผนการจัดการเรียนรู้อมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัญญาญจน์ ทรัพย์เจริญ, ปริญญาภรณ์ ตั้งคุณานันต์ และฐิยาพร กันตารณวัฒน์ (2563, หน้า 90-99)

ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาร่วมกับบทเรียนอิเล็กทรอนิกส์ 1 (วิทยาการคำนวณ) เรื่อง การพัฒนาโครงการขั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ( $E_1/E_2$ ) เท่ากับ 86.45/86.91 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80 สอดคล้องกับงานวิจัยของพาชุดา เบญจพิชญ์ และปริญญา ปริพุด (2563, หน้า 87) ได้ศึกษาผลการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของเด็กปฐมวัยที่เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา พบว่า ชุดกิจกรรมแบบสเต็มศึกษา อยู่ในระดับสูง โดยมีคะแนนรวมเฉลี่ยคิดเป็น 81.06 สอดคล้องกับงานวิจัยของมีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ และนพดล พรามณี (2560, หน้า 81) ได้ศึกษาผลการพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสเต็มศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา พบว่าชุดฝึกทักษะแบบสเต็มศึกษามีประสิทธิภาพ 80.76/81.54 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80 และสอดคล้องกับงานวิจัยของอาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2563, หน้า 252) ได้ศึกษาผลการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาผลงานหลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่ชีวิตและอาชีพ สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6 พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา หน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 81.76/83.54 สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 80/80

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือ 80/80

2. ผลการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ก่อนเรียนและหลังเรียน  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
เรื่อง สารละลาย พบว่าความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 42.75 และคะแนนหลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 80.15 แสดงว่า ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 5 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมกระบวนการคิดสร้างสรรค์ และการแก้ปัญหา โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษามีกิจกรรม 6 ขั้นตอน โดยเฉพาะขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนได้ฝึกความคิดสร้างสรรค์ 4 ด้าน โดยทำการออกแบบบรรจุภัณฑ์ที่มีความหลากหลาย แปลกใหม่ น่าสนใจ เป็นกิจกรรมที่พัฒนาทักษะการคิดต่าง ๆ และส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์อย่างเต็มความสามารถ การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบนวัตกรรมอย่างสร้างสรรค์ และให้

นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างเปิดกว้าง ส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัทมาอัสไวณี ตาเย๊ะ, ณัฐินี โมพันธ์ และมัยดี แวดราแม (2560, หน้า 1) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง วัสดุและสมบัติของวัสดุ พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษามีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียน สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีระดับความคิดสร้างสรรค์ ก่อนเรียนอยู่ในระดับต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ หลังเรียนอยู่ในระดับดี และมีคะแนนพัฒนาการ ความคิดสร้างสรรค์เฉลี่ยร้อยละ 56.09 ซึ่งมีพัฒนาการระดับสูง สอดคล้องกับงานวิจัย ของดารุณี เฟ็งน้อย และนิวัฒน์ บุญสม (2564, 238) ได้ศึกษาผลของการพัฒนา ความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 วิชาวิทยาศาสตร์ ด้วยการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา พบว่าความสามารถใน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนหลังเรียน อยู่ในระดับดี และสอดคล้องกับ งานวิจัยของเดือนเพ็ญ ศักดิ์ศรีวัน และวิสูตร โพธิ์เงิน (2563, หน้า 53) ได้ศึกษาการ พัฒนากิจกรรมศิลปะแบบสเต็มศึกษา ร่วมกับการใช้แหล่งเรียนรู้ในห้องเรียนเพื่อส่งเสริม ผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 วิชาศิลปะ พบว่าผลงานศิลปะ สร้างสรรค์ของนักเรียนด้วยกิจกรรมศิลปะแบบสเต็มศึกษา อยู่ระดับดี กิจกรรมวัสดุท้องถิ่น ประดิษฐ์เป็นจักษณอยู่ระดับดีมาก และกิจกรรมศิลปะจากแรงบันดาลใจในห้องเรียนอยู่ ระดับดีมาก

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสเต็มศึกษา มีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียนของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียน มีคะแนนก่อนเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 13.47 และคะแนน หลังเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 24.00 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เพราะการจัด การเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ กิจกรรมด้วยตนเอง เน้นการเรียนรู้ที่เป็นกระบวนการ ตั้งแต่ขั้นระบุปัญหา นักเรียนได้ร่วมกัน สังเกตและระดมความคิดระบุปัญหาที่เกิดขึ้น ขึ้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง



กับปัญหา นักเรียนได้ค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหา เพื่อนำไปสู่การออกแบบชิ้นงาน  
 ชิ้นออกแบบวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนได้คิดหาวิธีการเพื่อแก้ปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบ  
 ชิ้นงาน ชิ้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา นักเรียนได้วางแผนการปฏิบัติจากการร่าง  
 แนวคิดวิธีการแก้ปัญหาที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสม โดยบันทึก  
 ความสำเร็จตามแผน ปัญหาอุปสรรค และวิธีแก้ไข จึงนำมาสู่ขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล  
 และปรับปรุง นักเรียนได้ทดสอบชิ้นงาน ประเมินชิ้นงาน และปรับปรุง ชิ้นนำเสนอวิธีการ  
 แก้ปัญหา นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงานอย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่ขั้นตอนของการทำความเข้าใจ  
 ปัญหาจากสถานการณ์ที่ครูกำหนด รวบรวมข้อมูล ออกแบบชิ้นงานที่อยู่บนพื้นฐานของการ  
 ใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ มีเทคโนโลยีและศิลปะในการสร้างชิ้นงาน เกิดปัญหา  
 อุปสรรคระหว่างสร้างชิ้นงาน ปรับปรุงแก้ไขอย่างไร และผลลัพธ์สุดท้ายเป็นไปตาม  
 เป้าหมายและความต้องการ หรือไม่ และให้นักเรียนลงข้อสรุปให้ผู้ฟังเห็นชัดเจนว่า  
 วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และศิลปะ นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้  
 อย่างไร จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาเป็นการบูรณาการ 5 สาระวิชา  
 ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง จึงส่งผลให้นักเรียนมี  
 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน สอดคล้องกับงานวิจัยของ ศิริลักษณ์  
 อิศณพงษ์, ภัทรภร ชัยประเสริฐ และสมศิริ สิงห์หลพ (2564, หน้า 37-42) ได้ศึกษาการ  
 จัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคิดสร้างสรรค์ทาง  
 วิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์  
 พบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน  
 ก่อนเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 10.09 และคะแนนหลังเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 23.62  
 แสดงว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่  
 ระดับ .05

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้  
 แบบสเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ  
 ทางสถิติที่ระดับ .01 เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. ผลการศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาของ  
 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลาย พบว่า ความพอใจของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยทั้ง  
 5 ด้านเท่ากับ 4.57 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยเฉพาะ  
 ด้านการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.59 คะแนน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เพราะ

การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง และร่วมกิจกรรมกลุ่ม คิดแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ตอบคำถาม อภิปรายอย่างมีเหตุผล ส่งผลให้นักเรียนตอบแบบสอบถามความพอใจด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ข้อ 8 คือ กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.80 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยสูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒมาอัสไฉน ฑาเย๊ะ, ณัฐณี โมพันธ์ และมัศดี แวดราแม (2560, หน้า 1-10) ได้ศึกษาความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ มีค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ด้านเท่ากับ 4.70 คะแนน อยู่ในระดับมากที่สุด โดยเฉพาะด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจมากที่สุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ ภิญญา วงษ์ทอง (2563, หน้า 3) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ในโรงเรียนประถมศึกษาขนาดเล็ก พบว่านักเรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษามีค่าเฉลี่ยทั้ง 5 ด้านเท่ากับ 4.43 คะแนน อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจมากที่สุด และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุนารี ศรีบุญ และวิสูตร โพธิ์เงิน (2562, หน้า 526) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่าความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีค่าเฉลี่ยทั้ง 3 ด้านเท่ากับ 4.11 คะแนน อยู่ในระดับมาก โดยเฉพาะด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีความพึงพอใจมาก ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้มีโอกาสวางแผน และออกแบบกิจกรรมด้วยตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติจริง นักเรียนมีอิสระในการแสดงความคิดเห็น และรับฟังความคิดเห็น นักเรียนได้เรียนรู้ในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะทางวิทยาศาสตร์นำไปใช้ในชีวิตประจำวัน ทำให้นักเรียนมีความตั้งใจในการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อการจัดการเรียนรู้ นักเรียนมีความภาคภูมิใจและตระหนักในคุณค่าของตนเอง และทำให้นักเรียนเรียนอย่างมีความสุขส่งผลให้มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ทำให้นักเรียนมีความพึงพอใจด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากที่สุด

จากเหตุผลดังกล่าว จึงสนับสนุนว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด

## ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

### 1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำวิจัยไปใช้

1.1 ผู้สอนควรเตรียมความพร้อมโดยการจัดเตรียมสภาพแวดล้อม การเตรียมสื่อ เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน เพื่อให้กิจกรรมการเรียนรู้ของนักเรียน มีความน่าสนใจ เพื่อให้ให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเต็มศักยภาพ

1.2 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เป็นกิจกรรมที่ให้นักเรียน ได้ลงมือปฏิบัติจริง ผู้สอนต้องมีการจัดการเรียนการสอนให้ประสบผลสำเร็จ ผู้สอนควร ทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะ (Coach) มากกว่าให้ความรู้ (Teach) มีการทำงานร่วมกัน สามารถประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

1.3 กิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เป็นกิจกรรมที่ให้ผู้เรียน ได้ลงมือปฏิบัติจริง ในแต่ละขั้นตอนจะมีกิจกรรมที่ต้องใช้เวลามาก ผู้สอนอาจจะต้อง ยืดหยุ่นตามความเหมาะสมและให้สอดคล้องกับเวลาตามแผนที่กำหนด

### 2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรศึกษาการพัฒนาการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษากับนักเรียนใน ระดับชั้นอื่น ๆ หรือหน่วยการเรียนรู้อื่น ๆ หรือใช้กับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เพื่อเปรียบเทียบ ความคิดสร้างสรรค์

2.2 ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาร่วมกับ การเรียนรู้ในภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และแก้ปัญหา ที่เกิดขึ้นในชุมชน

2.3 ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษาร่วมกับการพัฒนา ทักษะด้านอื่น ๆ ในศตวรรษที่ 21 เช่น การแก้ปัญหา ทักษะอาชีพ เป็นต้น เพื่อให้นักเรียน เกิดการเรียนรู้ที่ก้าวทันต่อการเปลี่ยนแปลงของโลก

บรรณานุกรม



### บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- \_\_\_\_\_. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- \_\_\_\_\_. (2560). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุงพุทธศักราช 2560)*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- กมล ชูสมัย. (2528). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่ใช้การทดลองแบบแนะแนวทางการทดลองแบบไม่แนะแนวทาง. *วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่*.
- กรมวิชาการกระทรวงศึกษาธิการ. (2539). *คู่มือการพัฒนาโรงเรียนเข้าสู่มาตรฐานการศึกษา: การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2544). *การคิดเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: ชัคเชลมีเดีย.
- จอมภักดิ์ จันทะคัต. (2561). ปัจจัยสมรรถนะที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการทำงานของอาจารย์สถาบันอุดมศึกษาในจังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ*, 7(1), 162-177.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 5(1), 5-20.
- ดาร์จณี เพ็งน้อย และนิวัฒน์ บุญสม. (2564). ผลของการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์และการสร้างผลงานทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสติมศึกษา. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 13(1), 238-257.
- เดือนเพ็ญ ศักดิ์ศรีวัน และวิสูตร โพธิ์เงิน. (2563). การพัฒนากิจกรรมศิลปะ ตามแนวคิดสติมศึกษา ร่วมกับการใช้แหล่งเรียนรู้ในห้องเรียนเพื่อส่งเสริมผลงานสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3. *วารสารศิลปการศึกษาศาสตร์วิจัย*, 12(2), 53-70.
- ทรงศักดิ์ ภูศรีอ่อน. (2551). *การประยุกต์ใช้ SPSS วิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย*. หน้า 88-89. กอฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

- ธีรพงศ์ แก่นอินทร์. (2545). ผลของวิธีสอนแบบโครงการต่อเจตคติ ความพึงพอใจ  
คุณลักษณะอื่นและระดับผลการเรียนของนักศึกษาระดับปริญญาตรี. *วารสาร  
สงขลานครินทร์สังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์*, 8(1), 33-45.
- นารี ศรีบุญ และวิสูตร โพธิ์เงิน. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM  
Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทาง  
คณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารครุศาสตร์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 47(1), 526-547.
- บุญเชิด ภิญโญอนันต์พงษ์. (2549). *การประเมินการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญแนวคิด  
และวิธีการ*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2537). *การพัฒนาหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัย  
ศรีนครินทรวิโรฒมหาสารคาม.
- \_\_\_\_\_. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- \_\_\_\_\_. (2546). *การพัฒนาหลักสูตรและการวิจัยเกี่ยวกับหลักสูตร*. กรุงเทพฯ:  
สุวีริยาสาส์น.
- ปราณี กองจินดา. (2549). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และ  
ทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบซิปปาโดยใช้  
แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือ  
ครู*. วิทยานิพนธ์ ค.ม. พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏ  
พระนครศรีอยุธยา.
- ปัญญาญจน์ ทรัพย์เจริญ, ปรียาภรณ์ ตั้งคุณานันต์ และฐิยาพร กันตาทนวัฒน์. (2563).  
ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาร่วมกับบทเรียนอีเลิร์นนิ่งวิชา  
เทคโนโลยี 1 (วิทยาการคำนวณ) เรื่อง การพัฒนาโครงการ ระดับชั้นมัธยมศึกษา  
ปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม*, 19(2), 90-99.
- เพชฌิม กิจระการ และสมนึก ภัททิยธนี. (2545). ดัชนีประสิทธิภาพและดัชนีประสิทธิผล.  
*วารสารการวัดผลการศึกษา*, 8(6), 31-51.
- พาชุดา เบญจพิชญ์ และปริญญา ปริพุดม. (2563). การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา  
ของเด็กปฐมวัยที่เรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.  
*วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด*, 14(2), 90-99.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2529). *การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์*. วิทยานิพนธ์ ค.ม.  
กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

- พิชิต ฤทธิ์จรัญ. (2545). *หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: เข้าส์ ออฟ เคอร์มีสท์.
- พิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข. (2548). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.
- พิศิษฐ ตัณฑวณิช. (2558). แนวคิดการจำแนกพฤติกรรมการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์การจัดการศึกษาด้านพุทธิพิสัยตามแนวคิดของบลูมและคณะฉบับปรับปรุง. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง*, 3(2), 13–25.
- พัฒมาอัสไวณี ตาเย๊ะ, ณัฐินี โมพันธ์ และมัชดี แวดราแม. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ความคิดสร้างสรรค์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สาขามนุษยศาสตร์ และสังคมศาสตร์*, 4(2), 1–14.
- ภิญโญ วงษ์ทอง. (2562). ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการ STEAM education ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ และความพึงพอใจของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 1(10), 94–110.
- มีนกาญจน์ แจ่มพงษ์ และนพดล พรามณี. (2560). การพัฒนาชุดฝึกทักษะแบบสะเต็มศึกษาเพื่อการสร้างสรรค์ ชิ้นงาน เรื่อง พลังงานรอบตัวเรา. *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเซีย*, 7(3), 81–92.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2540). *สถิติวิทยาทางการวิจัย*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.
- วิจารณ์ พานิช. (2555). *ทักษะครูเพื่อศิษย์ไทยในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์
- วิสูตร โพธิ์เงิน. (2560). STEAM ศิลปะเพื่อสะเต็มศึกษา: การพัฒนาการเรียนรู้ ความสามารถและแรงบันดาลใจให้เด็ก. *วารสารครุศาสตร์*, 45(1), 320–334.
- วิไลลักษณ์ สุวรรณทัต, จิระวัฒน์ ต้นสกุล, ณรงค์ศักดิ์ รอบคอบ และธีระยุทธ รัชชะ. (2563). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 31(3), 190–198.



- วรรณวีร์ บุญคุ้ม. (2556). *ความสามารถในการคิดและเขียนเชิงสร้างสรรค์ในการเรียนรายวิชาการวิจัยในชั้นเรียนของนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร*. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- วัชระ จันทรัตน์, วสันต์ อติศัพท์, โอบาส เกาไศยามภรณ์ และณรงคศักดิ์ รอบคอบ. (2563). ผลการใชรูปแบบการนิเทศด้านการวิจัยด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อส่งเสริมความสามารถในการดำเนินการวิจัยในชั้นเรียนของครูสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาในจังหวัดชายแดนภาคใต้ที่มีต่อความรู้ ทักษะและความพึงพอใจต่อการทำวิจัยในชั้นเรียนของครู. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี*, 31(2), 211-226.
- วิชัย วงษ์ใหญ่. (2523). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ: รุ่งเรืองธรรม.
- ศานิตา ต่ายเมือง, ปริญญา ทองสอน และเชษฐ ศิริสวัสดิ์. (2563). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิดสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *วารสารวิจัยรำไพพรรณี*, 14(2), 23-33.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *สรุปผลการประเมิน PISA 2015 วิทยาศาสตร์ การอ่าน และคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ศูนย์ดำเนินงาน PISA แห่งชาติ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2564). *การเตรียมความพร้อมการประเมินสมรรถนะนักเรียนมาตรฐานสากล ปี 2564*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2557). *คู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษา*. เข้าถึงได้จาก <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2015/03/newIntro-to-STEM.pdf>. 5 กุมภาพันธ์ 2563.
- ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- \_\_\_\_\_. (2552). *ทฤษฎีการประเมิน*. (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- ศิริลักษณ์ อิศณพงษ์, ภัทรภร ชัยประเสริฐ และสมศิริ สิงห์ลพ. (2564). การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารศึกษาศาสตร์ มมร คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหามกุฏราชวิทยาลัย*, 9(2), 37-47.
- สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ.2542 และที่แก้ไขเพิ่มเติม*. (ฉบับที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักนายกรัฐมนตรี.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2557). *การศึกษาไทยในโลกศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2562). *สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินำขั้นพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา 2562*. กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.
- สุนารี ศรีบุญ และวิสูตร โพธิ์เงิน. (2562). ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด STEAM Education โดยใช้ปัญหาเป็นฐานเพื่อพัฒนาทักษะและกระบวนการทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 47(1), 526-543
- สมรัก อินทวิมลศรี, สกลรัชต์แก้วดี และสิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์. (2562). ผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย*, 47(2), 410-429.
- สุดเฉลิม ศัสตราพุกฤษ. (2560). การจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 แบบห้องเรียนกลับด้านเพื่อการพัฒนาทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม. *วารสารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*, 28(1), 100-108.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *หนังสือรายวิชาวิทยาศาสตร์ ภายภาพ มัธยมศึกษาปีที่ 5 เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุภาค โอฬารพิริยกุล. (2562). STEAM education: นวัตกรรมการศึกษาบูรณาการสู่การจัดการเรียนรู้. *วารสารวิจัยและพัฒนาหลักสูตร*, 9(1), 1-15.
- สมศักดิ์ ภู่วิดาวรรณ. (2537). *เทคนิคการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์*. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- สมนึก ภัททิยธนี. (2541). *การวัดผลการศึกษา*. (พิมพ์ครั้งที่ 2). กทม: ประสานการพิมพ์.

- ลิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนา  
คุณภาพวิชาการ (พว.) จำกัด.
- อาทิตยา จิตรธีรเอื้อเฟื้อ. (2563). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการสเต็มศึกษาผสาน  
หลักปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียงสู่ชีวิตและอาชีพ สำหรับนักเรียนระดับ  
ชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี  
และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 11(2), 252-267.
- อัปดุลยามีน หะยีชาเดร์. (2560). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อ  
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความ  
พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์  
ศษ.ม. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- อมรลักษณ์ ปรีชาหาญ. (2535). *ความพึงพอใจของสมาชิกที่มีต่อบทบาทของสหกรณ์  
การเกษตรสารภี จำกัด*. วิทยานิพนธ์ ทษ.ม เชียงใหม่: สถาบันเทคโนโลยี  
การเกษตรแม่โจ้.
- อรณิชา ทศตา และกชพร ใจอดทน. (2563). ปัจจัยที่ส่งผลต่อความคิดสร้างสรรค์ของ  
นักศึกษาระดับปริญญาตรีวิทยาลัยนครราชสีมา. *วารสารวิชาการสมาคม  
สถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย (สสอท.)*, 26(2), 64-78.
- อารี พันธุ์มณี. (2560). *หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ การคิดเชิงสร้างสรรค์*. กรุงเทพฯ:  
สำนักงานคณะกรรมการข้าราชการพลเรือน (สำนักงาน ก.พ.).
- \_\_\_\_\_. (2546). *จิตวิทยาสร้างสรรค์การเรียนการสอน*. กรุงเทพฯ: ไยโหม ครีเอทีฟ  
กรุ๊ป จำกัด
- Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., Binti, N. D., & Alias, M. I. B. (2020). A Prelimnary  
Study on the Level of Creativity Among Chemistry Students in District of  
Melaka Tengah. *Journal of Critical Reviews*, 16(7), 752-761.
- Kim, H. (2016). The Development and Application of a STEAM Program Based on  
Traditional Korean Culture. *Journal of Mathematics, Science & Technology  
Education*, 12(7), 1925-1936.
- Korea Foundation for the Advancement of Science and Creativity (KOFAC). (2012).  
Policy directions of STEAM education: Introductory training of KOFAC STEAM.  
*Seoul, Korea: Foundation for the Advancement of Science and Creativity*,  
12(7), 1925-1936.

- Kuder, F. (1991). Comment Concerning the Appropriate use of Formulas for Estimating the Internal Consistency Reliability of Tests. *Journal of Educational and Psychological Measurement*, 51, 873–874.
- Putri, N., Rusdiana, D. & Suwarma, I. R. (2019). The Comparison of Student Creative Thinking Skill using CBL Implemented in STEM Education and Combined with PSL Worksheet in Indonesian School. *Journal of Science Learning*, 3(1), 7–11.
- Torrance, E.P. & Myers, R.E. (1962). *Creative Learning and Teaching*. New York: Good Mead and Company.
- Wandari, G. A., Chandra, A., Wijaya, F., & Agustin, R. R. (2018). The Effect of STEAM-based Learning on Students' Concept Mastery and Creativity in Learning Light and Optics. *Journal of Science Learning*, 2(1), 26–32.
- Yakman, G. & Lee, H. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *Journal of Korea Assoc Science Education*, 32(6), 1072–1087.

ภาคผนวก



## ภาคผนวก ก

1. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย
2. หนังสือขอความอนุเคราะห์ผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย
3. หนังสือรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แบบยกเว้น
4. หนังสือขอความอนุเคราะห์ทดลองเครื่องมือการวิจัย
5. หนังสือขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย
6. รายชื่อนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง





### รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมีอวิจัย

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธราเทพ เตมีรักษ์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์  
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
2. ดร.วุฒิชัย รสชาติ อาจารย์ประจำสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์  
และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
3. นางวัชรียา พรหมพันธ์ ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียน  
ธาตุนารายณ์วิทยา สำนักงานเขตพื้นที่  
การศึกษามัธยมศึกษาสกลนคร



ที่ อว ๐๖๒๑.๑๒/ว ๑๑๐๖

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร  
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม  
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธราเทพ เตมีรักษ์

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ

๒. เครื่องมือการวิจัย

๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย

ด้วย นายพงศกร พลสุโพธิ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๔๒๑๒๓๘๒๑๐ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรธนะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อให้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ และประเมินคู่มือการใช้ตัวบ่งชี้ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรอัญญกรณ์)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๔๗ ๐๒๒๔

โทรสาร ๐ ๔๒๔๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นายพงศกร พลสุโพธิ์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๑๑๔๔ ๒๖๗๔

“อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร”

ที่ อว ๐๖๒๑.๑๒/ว ๑๑๐๖



มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร  
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม  
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน ดร.วุฒิชัย รสชาติ

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ  
๒. เครื่องมือการวิจัย  
๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย

ด้วย นายพงศกร พลสุโทธิ รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๕๒๑๒๓๘๒๑๐ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรธนะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ และประเมินคู่มือการใช้ตัวบ่งชี้ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรชญญกรณ์)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๕๗ ๐๒๒๕

โทรสาร ๐ ๔๒๕๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นายพงศกร พลสุโทธิ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๑๑๕๕ ๒๖๗๔

“อยู่สกล . รักสกล ทำเพื่อสกลนคร”



ที่ อว ๐๖๒๓.๑๒/ว ๑๑๐๖

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร  
๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม  
อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๓๐ พฤศจิกายน ๒๕๖๓

เรื่อง ขอดำเนินการขอความเห็นชอบจากผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย

เรียน นางวัชรียา พรหมพันธ์

- สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. กรอบแนวคิดการวิจัย และนิยามศัพท์เฉพาะ  
๒. เครื่องมือการวิจัย  
๓. แบบประเมินเครื่องมือการวิจัย

ด้วย นายพงศกร พลสุโพธิ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๔๒๑๒๓๘๒๑๐ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณนะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและเชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอดำเนินการขอความเห็นชอบจากผู้เชี่ยวชาญในการพิจารณาตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย เพื่อใช้ประกอบการทำวิทยานิพนธ์ และประเมินคู่มือการใช้ตัวบ่งชี้ที่นักศึกษาได้จัดทำขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ติکانต์ เพียรธัญญกรณ์)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๔๗ ๐๒๒๙

โทรสาร ๐ ๔๒๔๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นายพงศกร พลสุโพธิ์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๑๑๔๙ ๒๖๗๔

“อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร”



เลขที่ใบรับรอง ๐๑๒/๒๕๖๔

### คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ขอรับรองว่าโครงการวิจัยเรื่อง : การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา (Development of Creative Thinking of Mathayomsuksa ๔ Students on the Topic of Solution by STEAM Education)

หัวหน้าโครงการวิจัย : นายพงศกร พลสุโพธิ์

หน่วยงานต้นสังกัด : สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์

เอกสารที่รับรอง

๑. แบบฟอร์มขอเสนอโครงการวิจัย
๒. แบบฟอร์มโครงการวิจัย
๓. เอกสารคำชี้แจงสำหรับอาสาสมัคร
๔. เครื่องมือวิจัย

ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แบบยกเว้น จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร โดยยึดหลักพื้นฐานของหลักจริยธรรมการวิจัยสากล

รับรอง ณ วันที่ ๒๗ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๔

สุกานี คุปตะบุตร

(นางสาวสุกานี คุปตะบุตร)

ประธานกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

วันหมดอายุ วันที่ ๒๗ เดือน มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๕

สำนักงานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร ที่อยู่ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เลขที่ ๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม อ.เมืองสกลนคร จ.สกลนคร รหัสไปรษณีย์ ๔๗๐๐๐ โทรศัพท์ ๐๔๒-๔๗๐-๑๕๔




**วิชาการ วิชาชีววิทยา**

กลุ่มบริหารงานวิชาการ

กลุ่มบริหารงานบุคคล

กลุ่มบริหารงานทั่วไป

กลุ่มงานกิจการนักเรียน



โรงเรียนรัตนารายณ์วิทยา

เลขที่ ๕๒๕

วันที่ 10 ส.ค. 2564

เวลา ๐๘.๓๐ น.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม

อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๒ มีนาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขออนุญาตครูใช้เครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนรัตนารายณ์วิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

ด้วย นายพงศกร พลสุโพธิ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๔๒๑๒๓๘๒๑๐ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง สารละลายโดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแหงพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ทั้งนี้ นักศึกษามีความประสงค์ขอตกลงใช้เครื่องมือการวิจัย เพื่อหาความเชื่อมั่นในการศึกษาวิจัยประกอบการทำวิทยานิพนธ์ โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แบบยกเว้น จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เลขที่ใบรับรอง ๐๑๒/๒๕๖๔ ลงวันที่ ๒๗ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๔ ดังนั้น บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จึงขออนุญาตให้ท่านอนุญาตให้นักศึกษาทำการทดลองใช้เครื่องมือวิจัยดังกล่าวด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนรัตนารายณ์วิทยา

ผ. อัครวิมลสกลนคร

ขออนุญาตครูใช้เครื่องมือการวิจัย

๒๕๖๔ ๒ มีนาคม ๒๕๖๔

เพื่อโปรดทราบ

เพื่อโปรดพิจารณา

เห็นควร.....

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๔

โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒

ผู้ประสานงาน นายพงศกร พลสุโพธิ์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๑๑๔๙ ๒๖๗๕

“อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร”

ขอแสดงความนับถือ

*(Signature)*

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรธัญญกรณ์)

ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

ความเห็นของรองผู้อำนวยการ

เพื่อโปรดทราบ

เพื่อโปรดพิจารณา

เห็นควรมอบ


*(Signature)*

รองผู้อำนวยการ

*(Signature)*

๑๐ มีนาคม ๒๕๖๔

**กลุ่มบริหารงานวิชาการ**  
**กลุ่มบริหารงานบุคคล**  
**กลุ่มบริหารงานงบประมาณ**  
**กลุ่มบริหารทั่วไป**  
**ปฏิบัติการนักเรียน**



โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา  
 เลขที่..... ๖๙๓  
 วันที่..... 31 ส.ค. 2564  
 เวลา..... 90.90 น.

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร  
 ๖๘๐ ถ.นิตโย ต.ธาตุเชิงชุม  
 อ.เมือง จ.สกลนคร ๔๗๐๐๐

๒๙ มีนาคม ๒๕๖๔

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือการวิจัย

ด้วย นายพงศกร พลสุโพธิ์ รหัสประจำตัวนักศึกษา ๖๒๔๒๑๒๓๘๒๑๐ ซึ่งเป็นนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร กำลังศึกษาและทำวิทยานิพนธ์เรื่อง "การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เรื่อง สารละลาย โดยการจัดการเรียนรู้แบบสตีมศึกษา" ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) โดยมี ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล เป็นประธานที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หรรษกร วรรณะสาร เป็นกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

เพื่อให้การศึกษาค้นคว้าสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จึงขอความอนุเคราะห์จากท่าน ให้นักศึกษารายดังกล่าวได้เก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้ผ่านการรับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์แบบยกเว้น จากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร เลขที่ใบรับรอง ๐๑๒/๒๕๖๔ ลงวันที่ ๒๗ มกราคม พ.ศ. ๒๕๖๔ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ประกอบการศึกษาวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณในความอนุเคราะห์มา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

*[Signature]*

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิกานต์ เพียรธัญญกรณ์)  
 ผู้อำนวยการบัณฑิตวิทยาลัย ปฏิบัติราชการแทน  
 อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

๑๑/๓/๒๕๖๔

ความเห็นของรองผู้อำนวยการ

เพื่อโปรดทราบ

เพื่อโปรดพิจารณา

เห็นควรมอบ

*[Signature]*

คำสั่งผู้อำนวยการ

*[Signature]*

ผู้อำนวยการโรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา

ม. อธิการบดีสกลนคร

10 ความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เพื่อโปรดทราบ

เพื่อโปรดพิจารณา

เห็นควร.....

บัณฑิตวิทยาลัย

โทร. ๐ ๔๒๙๗ ๐๒๒๙

โทรสาร ๐ ๔๒๙๗ ๐๐๓๒

สำนักงาน นายพงศกร พลสุโพธิ์ โทรศัพท์เคลื่อนที่ ๐๖ ๑๑๔๙ ๒๖๗๔

๒๕๖๔ ๒๕๖๔

๓๒๖๕๖ "อยู่สกล รักสกล ทำเพื่อสกลนคร"

รายชื่อนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง  
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/1  
โรงเรียนธาดุนารายณ์วิทยา

1. นายนราวิชญ์ มะเสนีย์
2. นายพงศกร เครีอเพชร
3. นางสาวญาณิศา ทินรัตน์
4. นางสาวปนัดดา ทรงหาคำ
5. นางสาวปพิชญา ปิมปาตัน
6. นางสาวปภาวรินทร์ นรสาร
7. นางสาวปวีณา สอนสมนึก
8. นางสาวพิมพ์ชนก พันธุ์ชัย
9. นางสาววนิดา แสนมะสูง
10. นางสาวสุชาวดี สอนวงษา
11. นางสาวสุภาวดี หนูตา
12. นางสาวอารยา ไคนพันธ์
13. นางสาววราภรณ์ ช่างทิพย์
14. นางสาววิภาวี ช่างแก้ว
15. นายกริชชัย ทองอั้งตั้ง
16. นายณัฐวุฒิ โคตรวงศ์
17. นางสาวญาณิศากานต์ แสนสุข
18. นางสาวมินธิลา ระเบิดเป้ม
19. นางสาวลลดา จิตจักร
20. นางสาววชิรญาณ์ อึ้งเส็ง
21. นางสาวธิดารัตน์ ภูแฮมโชติ
22. นายจรรุวัฒน์ ปัญญาประชุม
23. นายจิววัฒน์ ผลมะม่วง
24. นายณัฐพรธรณ เมชบุตร
25. นายธนภัทร บุตรละคร



26. นายชนากกร ปินศรี
27. นายธีรภัทร วะชุม
28. นายพิชาธร คำอ่อน
29. นางสาวจิราภรณ์ บุญทศ
30. นางสาวจุฑามาศ สายสุด
31. นางสาวจุฬาลักษณ์ ในพิมาย
32. นางสาวณัฐชาวดี โฮมป่า
33. นางสาวธิดารัตน์ วงศ์สิงห์
34. นางสาววรรณพร ปัญญาประชุม
35. นางสาวศศิวิมล อนุสรณ์
36. นางสาวสุนิสา ธิวะโต
37. นางสาวออมทรัพย์ พิมพ์ชัย
38. นางสาวอัจฉราพร แก่นกุล
39. นางสาวเอมวลี วดีศิริศักดิ์
40. นางสาวไอรดา นาโควงศ์

## ภาคผนวก ข

### ผลการประเมินและวิเคราะห์เครื่องมือวิจัย

1. ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
3. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
4. ผลการวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
5. ผลการประเมินความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจกับผลการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา
6. ผลการวิเคราะห์คะแนนความคิดสร้างสรรค์ของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ที่ได้จากการทดลองใช้ (Try out) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ
7. ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน



ตาราง 20 ผลการประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้เชี่ยวชาญ

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับ ความเหมาะสม
	1	2	3		
ด้านที่ 1 องค์ประกอบของแผน					
1. กำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ถูกต้อง ครบถ้วน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
2. เขียนสาระสำคัญสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และบ่งบอกถึงสิ่งสำคัญของเรื่องที่จะสอนได้ชัดเจน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละแผนสอดคล้องกับตัวชี้วัดของหลักสูตร	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
4. มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ได้ครบ ทั้งด้านความรู้ ด้านทักษะกระบวนการ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				5	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านที่ 2 เนื้อหาสาระการเรียนรู้					
5. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และผลการเรียนรู้ของหลักสูตร	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
6. เนื้อหามีความน่าสนใจ เหมาะสมกับวัยของผู้เรียน	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
7. เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องทำให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจ เกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ และนำความรู้ไปใช้ได้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับ ความเหมาะสม
	1	2	3		
8. เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องมีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการศึกษา	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				5	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านที่ 3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้					
9. กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องเหมาะสมกับจุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
10. กิจกรรมการเรียนรู้สามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
11. กิจกรรมเป็นไปตามขั้นตอนของการสอนแบบสเต็มศึกษา	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
12. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				4.75	เหมาะสมมากที่สุด
ด้านที่ 4 สื่อและอุปกรณ์การเรียนรู้					
13. มีสื่อประกอบที่หลากหลายน่าสนใจ ทันสมัย และเตรียมได้ง่าย	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
14. สื่อและอุปกรณ์เหมาะสมกับการจัดกิจกรรม	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
15. สื่อและอุปกรณ์ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ และช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
16. สื่อและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำวิธีการเรียนรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				5	เหมาะสมมากที่สุด

## ตาราง 20 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			ค่าเฉลี่ย	ระดับ ความเหมาะสม
	1	2	3		
ด้านที่ 5 การวัดผลและประเมินผล					
17. วิธีการวัดผล ประเมินผล สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
18. วัดและประเมินผลได้ครอบคลุม พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย และจิตพิสัย	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
19. มีการวัดและการประเมินผลด้วย รูปแบบที่หลากหลาย ได้แก่ การประเมินด้านความรู้ ด้านทักษะ กระบวนการ ด้านความคิดสร้างสรรค์ และด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์	4	5	5	4.67	เหมาะสมมากที่สุด
20. เครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล ประเมินผลมีความเหมาะสม สามารถนำไปใช้ได้ตรงตามวัตถุประสงค์	5	5	5	5	เหมาะสมมากที่สุด
เฉลี่ย				4.92	เหมาะสมมากที่สุด
รวมเฉลี่ย				4.93	เหมาะสมมากที่สุด

ตาราง 21 ผลการประเมินความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้  
เรื่อง สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

ผลการเรียนรู้	แผนการจัดการ เรียนที่	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
		1	2	3			
1. คำนวณความ เข้มข้นของสาร ละลาย ในหน่วยต่าง ๆ	แผนที่ 1 เรื่อง ความเข้มข้น ของสารละลาย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	แผนที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้น ของสารละลาย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
2. อธิบายวิธีการ และเตรียม สารละลาย ให้มีความเข้มข้น ในหน่วยโมลาริตี และปริมาตร สารละลายตาม ที่กำหนด	แผนที่ 3 เรื่อง การเตรียม สารละลาย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	แผนที่ 4 เรื่อง การเตรียม สารละลาย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
3. เปรียบ เทียบจุดเดือดและ จุดเยือกแข็งของ สารละลาย กับสารบริสุทธิ์ รวมทั้งคำนวณจุด เดือดและจุดเยือก แข็งของสารละลาย	แผนที่ 5 เรื่อง สมบัติบาง ประการของ สารละลาย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 22 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง  
 สารละลาย โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3			
กิจกรรมที่ 1 การเขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น						
กิจกรรมที่ 1 : ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดคล้องแคลว คำชี้แจง : ในชีวิตประจำวันของเราจะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มแต่ละชนิดมักเป็นสารละลาย และมีสีที่แตกต่างกันไป นักเรียนคิดว่าความแตกต่างของสีในเครื่องดื่มมีสาเหตุมาจากอะไรบ้าง โดยเขียนสาเหตุที่เป็นไปได้เกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มาให้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (25 คะแนน)	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
กิจกรรมที่ 2 การเขียนผลที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์						
กิจกรรมที่ 2 : ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น คำชี้แจง : ในชีวิตประจำวันของเราจะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มแต่ละชนิดมักเป็นสารละลาย และมีสีที่แตกต่างกันไป นักเรียนคิดว่าผลที่อาจเกิดขึ้นจากความแตกต่างของสีในเครื่องดื่มมีอะไรบ้าง โดยเขียนสาเหตุที่เป็นไปได้เกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มาให้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (12.5 คะแนน)	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
กิจกรรมที่ 3 การเขียนประโยชน์พิเศษของสิ่งของที่กำหนดให้						
กิจกรรมที่ 3 : ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น คำชี้แจง : ในชีวิตประจำวันของเราจะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มแต่ละชนิดมักเป็นสารละลาย และมีสีที่แตกต่างกันไป นักเรียนคิดว่าความแตกต่าง						



## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3			
ของสีในเครื่องตีที่เกิเกิดขึ้นมีประโยชน์อย่างไรบ้าง โดยเขียนประโยชน์เกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ มาให้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (12.5 คะแนน)	0	+1	+1	2	0.67	ใช้ได้
กิจกรรมที่ 4 การสร้างภาพ						
กิจกรรมที่ 4 : ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม คำชี้แจง : ให้นักเรียนสร้างรูปภาพภาชนะบรรจุสารละลายตามจินตนาการ ตั้งชื่อภาพที่สร้างให้น่าสนใจ สื่อความกับภาพที่สร้าง พร้อมเขียนชื่อภาพไว้ด้านหลังของภาพ โดยสร้างรูปภาพและตั้งชื่อภาพให้มีความแปลกใหม่ น่าสนใจแตกต่างจากคนอื่นให้มากที่สุด มีรูปแบบที่หลากหลาย และให้ได้จำนวนภาพมากที่สุดภายในเวลา 10 นาที (25 คะแนน)	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
กิจกรรมที่ 5 การต่อเติมรูปภาพ						
กิจกรรมที่ 5 : ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ คำชี้แจง : จากรูปที่ปรากฏให้นักเรียนใช้เวลา 10 นาที ในการสร้างภาพหรือสิ่งที่น่าสนใจขึ้น โดยพยายามคิดสิ่งแปลกใหม่ ที่ยังไม่มีใครคิดมาก่อน แล้วตั้งชื่อให้เหมาะสมกับภาพ (12.5 คะแนน)	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
กิจกรรมที่ 6 การใช้เส้น						
กิจกรรมที่ 6 : ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดละเอียดลออ คำชี้แจง : ให้นักเรียนวาดภาพโดยต่อเติมจากเส้นคู่ขนาดที่กำหนดให้ ตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมให้น่าสนใจ สื่อความกับภาพที่ต่อเติม						

## ตาราง 22 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุปผล
	1	2	3			
พร้อมเขียนชื่อภาพไว้ด้านล่างภาพ ต่อเติมภาพ และตั้งชื่อภาพให้แปลกใหม่และแตกต่างจาก คนอื่นให้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (12.5 คะแนน)	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 23 ผลการวิเคราะห์ความสอดคล้องของแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กับผล  
การเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้  
แบบสเต็มศึกษา

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	1	ใช้ได้
2	1	1	1	1	ใช้ได้
3	1	1	1	1	ใช้ได้
4	1	1	1	1	ใช้ได้
5	1	1	1	1	ใช้ได้
6	1	1	1	1	ใช้ได้
7	1	0	1	0.67	ใช้ได้
8	1	0	1	0.67	ใช้ได้
9	1	0	1	0.67	ใช้ได้
10	1	1	1	1	ใช้ได้
11	1	1	1	1	ใช้ได้
12	1	1	1	1	ใช้ได้
13	1	1	1	1	ใช้ได้
14	1	0	1	0.67	ใช้ได้
15	1	1	1	1	ใช้ได้
16	1	1	1	1	ใช้ได้
17	1	1	1	1	ใช้ได้
18	1	0	1	0.67	ใช้ได้
19	1	-1	1	0.33	ใช้ไม่ได้
20	1	1	1	1	ใช้ได้
21	1	1	1	1	ใช้ได้
22	1	1	1	1	ใช้ได้
23	1	1	1	1	ใช้ได้

ตาราง 23 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			ค่า IOC	สรุปผล
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
24	1	0	1	0.67	ใช้ได้
25	1	1	1	1	ใช้ได้
26	1	1	1	1	ใช้ได้
27	1	1	1	1	ใช้ได้
28	1	1	1	1	ใช้ได้
29	1	1	1	1	ใช้ได้
30	1	1	1	1	ใช้ได้
31	1	1	1	1	ใช้ได้
32	1	1	1	1	ใช้ได้
33	1	0	1	0.67	ใช้ได้
34	1	0	1	0.67	ใช้ได้
35	1	0	1	0.67	ใช้ได้
36	1	0	1	0.67	ใช้ได้
37	1	1	1	1	ใช้ได้
38	1	1	1	1	ใช้ได้
39	1	1	1	1	ใช้ได้
40	1	1	1	1	ใช้ได้

ตาราง 24 ผลการประเมินค่าความสอดคล้องของแบบสอบถามความพึงพอใจ  
กับผลการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการ  
เรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

ผลการเรียนรู้	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุป
		1	2	3			
1. คำนำวน	ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้						
ความ	1. ได้รับความรู้ เรื่อง สารละลาย ที่มีความ						
เข้มข้น	สอดคล้องกับจุดประสงค์และผลการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ของสาร	2. เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องทำให้นักเรียน						
ละลาย	สามารถนำความรู้ไปใช้ในการพัฒนาความคิด	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ในหน่วย	สร้างสรรค์ได้						
ต่าง ๆ	3. เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องทำให้นักเรียน						
	มีความรู้ความเข้าใจและเกิดทักษะกระบวนการ	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	ทางวิทยาศาสตร์						
2. อธิบาย	4. เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องมีความเหมาะสม	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
วิธีการ	กับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้						
และเตรียม	ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้						
สารละลาย	5. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิด						
ให้มีความ	สร้างสรรค์และแก้ปัญหา	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
เข้มข้นใน	6. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนฝึกทักษะ						
หน่วย	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
โมลาริตี	7. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียน						
และ	ฝึกความคิดสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ปริมาตร	8. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติ						
สารละลาย	กิจกรรมด้วยตนเอง	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ตามที่	ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้						
กำหนด	9. สื่อและอุปกรณ์เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
3. เปรียบ	10. สื่อและอุปกรณ์เหมาะสมกับการจัด						
เทียบ	กิจกรรม	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
จุดเด็ด	11. สื่อและอุปกรณ์ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้						
และจุด	ความเข้าใจ และช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์						
แยกแข็ง	ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ของ							
สารละลาย							

## ตาราง 24 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	สรุป
		1	2	3			
กับสาร บริสุทธิ์ รวมทั้ง	12. สื่อและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่น ๆ ได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
คำนวณจุด	ด้านการวัดและประเมินผล						
เด็ดและ จุดเอียง	13. วิธีการวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนการสอน	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
แข็งของ สาร	14. นักเรียนมีส่วนร่วมในการวัดและการประเมินผล	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
ละลาย	15. การวัดและประเมินผลเป็นไปตามระเบียบกฎเกณฑ์และข้อตกลง ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	16. การวัดและประเมินผลมีประสิทธิภาพและยุติธรรม	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	ด้านประโยชน์ที่ได้รับ						
	17. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	18. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	19. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดสูงขึ้น เช่น ความคิดสร้างสรรค์	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้
	20. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจโดยใช้เหตุผลมากขึ้น	+1	+1	+1	3	1	ใช้ได้

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์  
ที่ได้จากการทดลองใช้ (Try out) เพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือ

นักเรียน คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์				คะแนนรวม (100 คะแนน) (X)	X <sup>2</sup>	α
	ความคิด คล่อง (25 คะแนน)	ความคิด ยืดหยุ่น (25 คะแนน)	ความคิด ริเริ่ม (25 คะแนน)	ความคิด ละเอียดลออ (25 คะแนน)			
1	13	13	13	13	52	2704	0.88
2	13	13	13	13	52	2704	
3	13	13	13	13	52	2704	
4	19	15	23	13	70	4900	
5	13	13	13	13	52	2704	
6	19	17	23	24	83	6889	
7	25	18	23	23	89	7921	
8	19	17	23	19	78	6084	
9	13	13	16	19	61	3721	
10	19	15	16	19	69	4761	
11	25	18	23	23	89	7921	
12	19	15	23	19	76	5776	
13	13	13	19	13	58	3364	
14	13	13	13	13	52	2704	
15	25	18	23	23	89	7921	
16	19	18	23	23	83	6889	
17	13	13	16	19	61	3721	
18	19	17	19	23	78	6084	
19	25	18	23	23	89	7921	
20	19	17	23	19	78	6084	
21	13	13	16	24	66	4356	
22	25	18	23	24	90	8100	

ตาราง 25 (ต่อ)

นักเรียน คนที่	คะแนนความคิดสร้างสรรค์				คะแนนรวม (100 คะแนน) (X)	X <sup>2</sup>	α
	ความคิด คล่อง (25 คะแนน)	ความคิด ยืดหยุ่น (25 คะแนน)	ความคิด ริเริ่ม (25 คะแนน)	ความคิด ละเอียดลออ (25 คะแนน)			
23	19	14	23	23	79	6241	0.88
24	19	18	23	24	84	7056	
25	19	17	23	24	83	6889	
26	25	23	19	19	86	7396	
27	19	17	23	19	78	6084	
28	13	13	13	16	55	3025	
29	25	23	23	23	94	8836	
30	19	17	19	19	74	5476	
31	25	18	23	23	89	7921	
32	25	17	23	24	89	7921	
33	25	18	23	24	90	8100	
34	19	18	19	23	79	6241	
35	25	23	23	19	90	8100	
36	19	17	19	19	74	5476	
37	19	17	19	19	74	5476	
38	19	17	25	19	79	6300	
39	25	18	23	19	85	7225	
40	25	18	23	23	89	7921	
ค่าเฉลี่ย	19	17	20	20	76	5940	
S.D.	5	3	4	4			
S <sup>2</sup>	21	7	15	15			



จากตาราง 25 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ในการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์เท่ากับ 0.88

ตาราง 26 ผลการวิเคราะห์ระดับค่าความยาก (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความ  
เชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา	
	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผลค่า p	แปลผลค่า r
1	0.35	0.20	ยากพอใช้ได้	พอใช้
2	0.53	0.35	ปานกลาง	พอใช้
3	0.65	0.25	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
4	0.55	0.20	ปานกลาง	พอใช้
5	0.58	0.30	ปานกลาง	พอใช้
6	0.70	0.35	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
7	0.68	0.30	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
8	0.53	0.20	ปานกลาง	พอใช้
9	0.55	0.35	ปานกลาง	พอใช้
10	0.65	0.30	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
11	0.75	0.20	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
12	0.68	0.20	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
13	0.55	0.25	ปานกลาง	พอใช้
14	0.65	0.20	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
15	0.65	0.25	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
16	0.53	0.25	ปานกลาง	พอใช้
17	0.45	0.20	ปานกลาง	พอใช้
18	0.30	0.20	ยากพอใช้ได้	พอใช้
19	0.55	0.50	ปานกลาง	ดี
20	0.73	0.30	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
21	0.70	0.20	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
22	0.70	0.20	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
23	0.68	0.20	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้

ตาราง 26 (ต่อ)

ข้อที่	การวิเคราะห์		ผลการพิจารณา	
	ค่าความยาก (p)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	แปลผลค่า p	แปลผลค่า r
24	0.70	0.35	ง่ายพอใช้ได้	ปานกลาง
25	0.63	0.40	ง่ายพอใช้ได้	ดี
26	0.55	0.65	ปานกลาง	ดีมาก
27	0.73	0.40	ง่ายพอใช้ได้	ดี
28	0.75	0.45	ง่ายพอใช้ได้	ดี
29	0.63	0.20	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
30	0.58	0.20	ปานกลาง	พอใช้
31	0.48	0.60	ปานกลาง	ดีมาก
32	0.50	0.25	ปานกลาง	พอใช้
33	0.55	0.45	ปานกลาง	ดี
34	0.58	0.20	ปานกลาง	พอใช้
35	0.53	0.30	ปานกลาง	พอใช้
36	0.45	0.20	ปานกลาง	พอใช้
37	0.68	0.35	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
38	0.75	0.25	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
39	0.70	0.25	ง่ายพอใช้ได้	พอใช้
40	0.40	0.30	ปานกลาง	พอใช้

จากตาราง 26 วิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้สูตร KR-20 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 0.80

## ภาคผนวก ค

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน
3. วิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนเรียน และหลังเรียน
4. วิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย



ตาราง 27 ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
เรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน (แผนการจัดการเรียนรู้ที่/คะแนน)					แบบ ทดสอบท้าย แผน	รวมคะแนน ระหว่าง เรียน	คะแนน หลังเรียน
	1	2	3	4	5			
		20	20	20	20	20	100	200
1	17	17	18	18	20	66	156	105
2	17	17	18	18	20	73	163	104
3	18	16	17	18	18	72	159	110
4	17	17	18	18	20	75	165	109
5	18	16	17	18	18	74	161	94
6	18	16	17	18	18	79	166	104
7	17	17	20	18	20	76	168	105
8	18	18	17	18	18	71	159	105
9	17	17	18	18	20	78	168	99
10	17	18	18	19	19	71	162	88
11	17	18	18	19	19	77	168	104
12	17	17	18	18	20	67	157	93
13	17	18	18	19	19	73	164	90
14	18	16	17	18	18	70	157	89
15	17	18	20	19	19	76	169	109
16	17	18	18	19	19	72	163	99
17	18	16	17	18	18	77	164	115
18	18	16	17	18	18	72	159	103
19	18	16	17	18	18	72	159	99
20	17	17	18	18	20	73	163	99
21	17	18	18	19	19	69	160	106
22	17	17	18	18	20	67	157	101

ตาราง 27 (ต่อ)

เลขที่	คะแนนระหว่างเรียน (แผนการจัดการเรียนรู้ที่/คะแนน)					แบบ ทดสอบ ท้ายแผน	รวมคะแนน ระหว่าง เรียน	คะแนน หลังเรียน
	1	2	3	4	5			
		20	20	20	20			
23	17	18	18	19	19	72	163	104
24	19	16	18	19	18	73	162	105
25	17	18	18	19	19	73	164	113
26	17	17	18	18	20	69	159	109
27	17	17	18	18	20	68	158	103
28	19	16	18	19	18	72	160	97
29	19	16	18	19	18	69	158	110
30	17	18	18	19	19	76	167	100
31	19	16	18	19	18	78	167	107
32	19	16	18	19	18	82	171	107
33	18	16	17	18	18	72	159	97
34	19	16	18	19	18	73	162	113
35	17	18	18	19	19	74	165	115
36	19	16	18	19	18	70	159	104
37	19	16	18	19	18	73	162	106
38	19	17	18	19	18	70	160	97
39	18	16	17	18	18	74	161	97
40	19	16	18	19	18	66	155	105
รวม							6478.74	4166
เฉลี่ย							161.97	104.14
S.D.							3.91	7.22
ร้อยละ							80.98	80.11

ตาราง 28 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน  
ก่อนเรียนและหลังเรียน

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D <sup>2</sup>	t-test
	100 คะแนน	100 คะแนน			
1	47	80	33	1089	31.08
2	45	80	35	1225	
3	45	85	35	1225	
4	50	83	35	1225	
5	34	72	41	1681	
6	35	81	40	1600	
7	34	84	41	1681	
8	44	80	36	1296	
9	36	77	39	1521	
10	39	67	36	1296	
11	38	79	42	1764	
12	34	72	41	1681	
13	34	65	46	2116	
14	30	70	40	1600	
15	40	84	40	1600	
16	30	79	40	1600	
17	55	88	35	1225	
18	40	78	40	1600	
19	40	76	40	1600	
20	38	75	42	1764	
21	70	81	10	100	
22	42	85	43	1849	
23	50	84	35	1225	



ตาราง 28 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D <sup>2</sup>	t-test	
	100 คะแนน	100 คะแนน				
24	35	71	40	1600	31.08	
25	35	79	40	1600		
26	45	88	35	1225		
27	44	80	36	1296		
28	45	79	35	1225		
29	46	88	39	1521		
30	34	77	46	2116		
31	32	83	48	2304		
32	35	85	45	2025		
33	50	84	40	1600		
34	65	88	30	900		
35	50	85	30	900		
36	52	83	33	1089		
37	60	87	30	900		
38	47	82	33	1089		
39	40	79	40	1600		
40	45	83	35	1225		
รวม	1710	3206	1500	2250000		
เฉลี่ย	42.75	80.15				
S.D.	9.13	5.73				
ร้อยละ	42.75	80.15				

ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน  
ก่อนเรียนและหลังเรียน

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D <sup>2</sup>	t-test
	30 คะแนน	30 คะแนน			
1	14	25	11	121	t = 28.42
2	13	24	11	121	
3	14	25	11	121	
4	14	26	12	144	
5	15	22	7	49	
6	15	23	8	64	
7	13	21	8	64	
8	14	25	11	121	
9	10	22	12	144	
10	8	21	13	169	
11	13	25	12	144	
12	12	21	9	81	
13	15	25	10	100	
14	8	19	11	121	
15	15	25	10	100	
16	13	20	7	49	
17	17	27	10	100	
18	14	25	11	121	
19	14	23	9	81	
20	15	24	9	81	
21	16	25	9	81	
22	16	26	10	100	
23	18	26	8	64	

ตาราง 29 (ต่อ)

เลขที่	ก่อนเรียน	หลังเรียน	D	D <sup>2</sup>	t-test	
	30 คะแนน	30 คะแนน				
24	16	21	5	25	t = 28.42	
25	12	23	11	121		
26	13	25	12	144		
27	14	23	9	81		
28	14	23	9	81		
29	10	26	16	256		
30	15	23	8	64		
31	14	22	8	64		
32	14	23	9	81		
33	12	27	15	225		
34	14	28	14	196		
35	12	25	13	169		
36	14	26	12	144		
37	13	27	14	196		
38	11	23	12	144		
39	12	25	13	169		
40	13	25	12	144		
รวม	567	960	393	154449		
เฉลี่ย	13.47	24				
S.D.	2.09	2.10				
ร้อยละ	44.92	80.00				



ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์คะแนนความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา เรื่อง สารละลาย

เลขที่	ด้านเนื้อหาสาระ การเรียนรู้				ด้านการจัดกิจกรรม การเรียนรู้				ด้านสื่ออุปกรณ์ การเรียนรู้				ด้านการวัดและประเมินผล				ด้านประโยชน์ที่ได้รับ				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1	3	4	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5
2	4	5	4	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5
3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4	4	4	4	5
4	5	4	4	4	4	5	4	4	5	3	3	3	4	3	3	3	4	5	4	4	5
5	4	5	4	5	4	5	4	5	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5
6	5	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5
7	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	4	5
8	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5
9	5	4	3	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5
10	4	5	4	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5
11	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5
12	5	4	4	4	3	6	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	4	4	5

ตาราง 30 (ต่อ)

เลขที่	ด้านเนื้อหาสาระ การเรียนรู้				ด้านการจัดกิจกรรม การเรียนรู้				ด้านสื่ออุปกรณ์ การเรียนรู้				ด้านการวัดและประเมินผล				ด้านประโยชน์ที่ได้รับ			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
13	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	3	4	4	4	5	5	4	5
14	4	3	3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	4	3	3	4
15	5	5	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5
16	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
17	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	3	3	4	4	3	4	4	4
18	4	4	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4
19	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	4	5	5	5
20	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5	5	4	4	5	5	5	4	3	4	4
21	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	4	4	5	5	4	5
22	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	5	5
23	4	4	5	5	5	3	4	4	4	4	4	5	3	5	4	3	5	5	5	5
24	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	4	5

ตาราง 30 (ต่อ)

เลขที่	ด้านเนื้อหาสาระ การเรียนรู้				ด้านการจัดกิจกรรม การเรียนรู้				ด้านสื่ออุปกรณ์ การเรียนรู้				ด้านการวัดและประเมินผล				ด้านประโยชน์ที่ได้รับ			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
25	5	5	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5
26	5	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5
27	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5	4	4	4	5	5
28	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
29	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
30	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
31	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
32	5	4	4	4	4	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4	4	5	5	5
33	5	3	4	4	3	3	3	4	3	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	3
34	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
35	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	5	5	5	3	5	5	5
36	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5

ตาราง 30 (ต่อ)

เลขที่	ด้านเนื้อหาสาระ การเรียนรู้				ด้านการจัดกิจกรรม การเรียนรู้				ด้านสื่ออุปกรณ์ การเรียนรู้				ด้านการวัดและประเมินผล				ด้านประโยชน์ที่ได้รับ			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
37	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5
38	3	4	4	4	4	5	4	3	5	4	4	4	4	4	5	5	4	3	3	4
39	5	5	5	5	4	4	5	5	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	3	3
40	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
รวม	185	181	180	184	174	182	186	192	181	181	185	186	176	179	185	183	175	186	180	191
เฉลี่ย	4.62	4.52	4.50	4.60	4.35	4.55	4.65	4.80	4.52	4.52	4.62	4.65	4.40	4.47	4.62	4.57	4.37	4.65	4.50	4.77
S.D.	0.58	0.59	0.59	0.54	0.70	0.71	0.58	0.46	0.64	0.59	0.58	0.58	0.63	0.64	0.58	0.63	0.70	0.62	0.64	0.53



## ภาคผนวก ง

### ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การเตรียมสารละลาย



## แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	รายวิชา เคมี	รหัสวิชา ว 31212
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ภาคเรียนที่ 2	ปีการศึกษา 2563
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	เรื่อง สารละลาย	เวลา 15 ชั่วโมง
เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย		3 ชั่วโมง

### 1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

#### กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

##### สาระเคมี

**มาตรฐานการเรียนรู้ 3.** เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัด ปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

**ผลการเรียนรู้ ม.4/9** คำนวณความเข้มข้นของสารละลาย ในหน่วยต่าง ๆ

#### กลุ่มสาระการเรียนรู้เทคโนโลยี

##### สาระเทคโนโลยี

**มาตรฐานการเรียนรู้ ว 4.2** เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

**ตัวชี้วัด ว 4.2 ม.4/1** ประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการพัฒนา โครงการที่มีการบูรณาการกับวิชาอื่นอย่างสร้างสรรค์ และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

## กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ

### สาระทัศนศิลป์

**มาตรฐานการเรียนรู้** ศ 1.1 สร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ตามจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ วิพากษ์ วิจารณ์คุณค่างานทัศนศิลป์ ถ่ายทอด ความรู้สึก ความคิดต่องานศิลปะอย่างอิสระ ชื่นชม และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

**ตัวชี้วัด** ศ 1.1 ม.4-6/3 มีทักษะและเทคนิคในการใช้วัสดุอุปกรณ์ และกระบวนการที่สูงขึ้นในการสร้างงานทัศนศิลป์

## กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

### สาระสถิติและความน่าจะเป็น

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

**ตัวชี้วัด** ค 3.2 ม.4/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณการเรียง สับเปลี่ยนและการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา

**ตัวชี้วัด** ค 3.2 ม.4/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความ น่าจะเป็นไปใช้

## 2. สาระการเรียนรู้

ความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย โมลาริตี (M) ส่วนในล้านส่วน (ppm) และ ส่วนในพันล้านส่วน (ppb)

## 3. สาระสำคัญ

ความเข้มข้นของสารละลาย เป็นการระบุปริมาณตัวละลายที่ละลายอยู่ใน สารละลาย ปริมาณของสารในสารละลายบอกเป็นความเข้มข้นในหน่วยต่าง ๆ เช่น ร้อยละ ส่วนในล้านส่วน ส่วนในพันล้านส่วน โมลาริตี โมแลลิตี และเศษส่วนโมล

ไบโอดีเซล เป็นเชื้อเพลิงทดแทนประเภทดีเซลจากธรรมชาติ โดยการนำน้ำมัน พืชที่ใช้แล้ว ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ มาผ่านกระบวนการ ทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ริฟิเคชัน โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Ethanol หรือ Methanol) และมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ผลิตภัณฑ์ เป็นเอสเทอร์ (Ester) และผลิตภัณฑ์พลอยได้กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเราจะเรียก

ชนิดของไบโอดีเซลแบบทรานส์เอสเทอร์นี้ ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ ในการทำปฏิกิริยา ไบโอดีเซลชนิดเอสเทอร์นี้มีคุณสมบัติการเผาไหม้เหมือนกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม และสามารถใช้ทดแทนกันได้

#### 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

##### 4.1 ความรู้ (Knowledge)

4.1.1 คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

##### 4.2 ทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด (Process)

4.2.1 ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต

ทักษะการทดลอง ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล

4.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว  
ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

##### 4.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

4.3.1 มีความซื่อสัตย์สุจริต

4.3.2 มีวินัย

4.3.3 มุ่งมั่นในการทำงาน

4.3.4 ใฝ่เรียนรู้

4.3.5 มีจิตสาธารณะ

#### 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

5.1 ความสามารถในการสื่อสาร

5.2 ความสามารถในการคิด

5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

5.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

5.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

## 6. กรอบแนวความคิด



ภาพประกอบ 15 กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

## 7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย

## 1. ชั้นระบุปัญหา (ชั่วโมงที่ 1)

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับต้นยางพาราจากนั้นให้นักเรียนดูวีดิทัศน์

<https://www.youtube.com/watch?v=2PatCaQ1zUE> (5.05 นาที, ข้อเท็จจริงวิกฤต ยางพาราไทย)

- นักเรียนมีวิธีการอย่างไรเพื่อให้กลุ่มคนที่ทำอาชีพปลูกต้นยางพารามีรายได้เพิ่มขึ้น

(แนวคำตอบ: การนำส่วนต่าง ๆ ของต้นยางพารามาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เช่น การนำลำต้นของต้นยางพาราที่ตายแล้วมาทำเป็นถ่าน การสกัดน้ำมันจากเมล็ดยางพาราเพื่อทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และการนำใบของต้นยางพารามาหมักเป็นปุ๋ยชีวภาพ)

- ต้นยางพาราใช้ประโยชน์ส่วนใดมากที่สุด

(แนวคำตอบ: น้ำยางพาราที่อยู่ในลำต้น โดยทำการเจาะภายในลำต้นแล้วได้น้ำยางพาราออกมา)

- นักเรียนรู้หรือไม่ว่าเมล็ดยางพาราสามารถทำอะไรได้บ้าง

(แนวคำตอบ: สามารถสกัดน้ำมันออกมาได้ จากนั้นนำน้ำมันที่สกัดมาทำเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น เครื่องสำอาง และไบโอดีเซล)

1.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซล

ว่าสามารถผลิตได้จากอะไรบ้าง จากนั้นให้นักเรียนคู่วิเคราะห์

<https://www.youtube.com/watch?v=35izV2QpUWQ> (3.17 นาที, ความรู้เรื่องราคาน้ำมัน)

<https://www.youtube.com/watch?v=s62cCdALFv8> (4.40 นาที, เปิดต้นแบบโรงงานผลิตไบโอดีเซลคุณภาพสูง)

- น้ำมันดีเซล และไบโอดีเซล คืออะไร

(แนวคำตอบ: น้ำมันดีเซล (Diesel Fuel) คือ น้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล เป็นส่วนหนึ่งของน้ำมันดิบที่ได้จากโรงกลั่นน้ำมัน (เช่นเดียวกับน้ำมันเบนซิน) ซึ่งเป็นน้ำมันที่เรียกว่า น้ำมันใส มีจุดเดือดอยู่ที่ประมาณ 180–370 องศาเซลเซียส เครื่องยนต์ดีเซลเป็นเครื่องยนต์ที่มีแรงอัดสูง (High Compression) และสามารถจุดระเบิดได้เอง การจุดระเบิดของเชื้อเพลิงชนิดนี้เกิดขึ้นมาจากความร้อนของแรงอัดสูงของอากาศในกระบอกสูบ โดยไม่มีความจำเป็นที่จะต้องใช้หัวเทียน

ไบโอดีเซล (Biodiesel) คือ เชื้อเพลิงทดแทนประเภทดีเซลจากธรรมชาติ โดยการนำเอาน้ำมันจากพืชหรือสัตว์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ มาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่าทรานส์เอสเตอริฟิเคชัน (Transesterification) โดยทำ

ปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Ethanol หรือ Methanol) และมีต่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ผลิตภัณฑ์เป็นเอสเทอร์ (Ester) และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้ กลีเซอรอล (Glycerol)

1.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคุณภาพของไบโอดีเซล  
เหมาะสมต่อการนำไปใช้

- คุณภาพของไบโอดีเซลแบบไหนที่เหมาะสมในการนำไปใช้  
ในเครื่องยนต์

(แนวคำตอบ: 1. การทดสอบสีของไบโอดีเซล โดยการสังเกตด้วย  
ตาเปล่า ซึ่งปกติไบโอดีเซลมีสีเหลืองทองใสไม่มีตะกอน ดังภาพประกอบ 16



ภาพประกอบ 16 ไบโอดีเซล

ที่มา: <https://th.wikipedia.org/wiki>

2. การทดสอบค่า pH โดยใช้กระดาษลิตมัส โดยทั่วไป  
จะมีค่าประมาณ 5.5–6.5

3. การทดสอบความหนืดของไบโอดีเซล 8–10 วินาที เครื่องมือที่ใช้  
ปิเปตขนาด 10 มิลลิลิตร และนาฬิกาจับเวลา

1.4 ครูสร้างสถานการณ์เกี่ยวกับการขาดแคลนน้ำมันดีเซลที่ได้จาก  
ปิโตรเลียม แล้วสมมติสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาตามเงื่อนไข  
สถานการณ์ดังนี้

“อนาคตข้างหน้าหากน้ำมันดีเซลที่ได้จากปิโตรเลียมหมดไป ถ้านักเรียน  
เป็นนักวิทยาศาสตร์หรือนักวิจัย ที่ต้องการผลิตไบโอดีเซลซึ่งเป็นเชื้อเพลิง  
ที่สามารถใช้ทดแทนน้ำมันดีเซลได้ เพื่อให้มนุษย์บนโลกสามารถดำรงชีวิตไปได้  
นักเรียนจะมีวิธีการออกแบบการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้วัตถุดิบที่มีอยู่ในท้องถิ่น  
และใช้งบประมาณในการผลิตน้อยที่สุด”



1.5 ครูอธิบายเงื่อนไขในการออกแบบและการผลิตไบโอดีเซล ดังนี้

- สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ในปริมาณมากที่สุด
- ความหนืดของไบโอดีเซล 8-10 วินาที เครื่องมือที่ใช้ ปิเปต ขนาด 10 มิลลิลิตร และนาฬิกาจับเวลา
- ใช้งบประมาณในผลิตน้อยที่สุด

1.6 ครูนำเข้าสู่กิจกรรมการทดลองเพื่อผลิตไบโอดีเซลโดยครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 8-10 คน แต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ที่ 1-3 และศึกษาการทดลองในใบกิจกรรมที่ 1-3

## 2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ครูให้ตัวแทนกลุ่มนักเรียนมารับอุปกรณ์การทดลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการหาความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยาและคุณภาพของน้ำมันเมล็ดยางพารา ดังนั้นการผลิตไบโอดีเซล นักเรียนจะต้องศึกษาปัจจัยต่าง ๆ โดยการทำกิจกรรมต่อไปนี้

### กิจกรรมที่ 1 โซเดียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนสถานะของแข็งเป็นของเหลว

2.2 ครูอธิบายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง โซเดียมไฮดรอกไซด์ กลายร่าง ซึ่งประกอบด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ และเมทานอล นักเรียนพร้อมศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้เรื่องที่ 1 การหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

2.3 นักเรียนทำการทดลองและคำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วย M, ppm และ ppb บันทึกลงใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2.1 และ 2.2

### กิจกรรมที่ 2 คุณภาพของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลในท้องตลาด

- ศึกษาลักษณะและคุณภาพเบื้องต้นของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล ในท้องตลาด (สี ค่า pH ความหนืด การติดไฟและลักษณะควัน)

2.4 ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงความรู้ว่าไบโอดีเซลที่ดีควรมีคุณภาพอย่างไร (แนวคำตอบ: สีของไบโอดีเซล โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า

ซึ่งปกติไบโอดีเซลมีสีเหลืองทองไม่มีตะกอน ค่า pH 5.5-6.5 ความหนืด 8-10 วินาที เครื่องมือที่ใช้ ปิเปต ขนาด 10 cm<sup>3</sup> และนาฬิกาจับเวลา การติดไฟ ลักษณะการติดไฟ เปลวไฟจะค่อย ๆ สูงขึ้น และลักษณะควันของไบโอดีเซลมีปริมาณไม่มาก เมื่อเทียบกับน้ำมันดีเซลโดยใช้วิธีการสังเกตด้วยตาเปล่า)

2.5 ครูอธิบายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง การทดสอบคุณภาพของ น้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล ซึ่งประกอบด้วยน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลตัวอย่างในห้องตลาด ปีเปต ขนาด 10 cm<sup>3</sup> พร้อมลูกยาง สำลี ถ้วยกระเบื้อง กระจกยลิตมัส และนาฬิกาจับเวลา นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมใบความรู้เรื่องที่ 2 คุณภาพของน้ำมันไบโอดีเซล

2.6 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตสี ทดสอบความหนืด ค่า pH การติดไฟ และลักษณะควันของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซล จากนั้นบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อ 2.1 และ 2.2

2.7 ครูเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ 2 คุณภาพของน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลเพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและคุณภาพของน้ำมัน ดีเซลและไบโอดีเซล ซึ่งในกิจกรรมนี้ศึกษาสี สมบัติความหนืด ค่า pH การติดไฟ และลักษณะควัน

### กิจกรรมที่ 3 น้ำมันเมล็ดยางพารากับการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย

- ผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

2.8 ครูอธิบายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง น้ำมันเมล็ดยางพารา กับการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย ประกอบด้วยน้ำมันเมล็ดยางพารา 100 มิลลิลิตร ผ้าขาวบาง สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับเมทานอล (0.3 กรัม/25 มิลลิลิตร) ขวดใค้กพลาสติกขนาด 330 มิลลิลิตร นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมใบความรู้เรื่องที่ 3 ไบโอดีเซล

2.9 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม สังเกตสีและตะกอนของน้ำมันเมล็ดยางพารา จากนั้นกรองด้วยผ้าขาวบาง วัดค่า pH ด้วยกระจกยลิตมัส ให้นำน้ำมันให้มีอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส (ประมาณ 5 นาที) ใส่ น้ำมันเมล็ดยางพาราที่อุ่นแล้วลงไป ในขวดใค้ก พลาสติกขนาด 330 มิลลิลิตร เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับเมทานอล (0.3 กรัม/25 มิลลิลิตร) ปิดฝาขวด เขย่าเป็นเวลา 3 นาที (ระหว่างเขย่าให้เปิดฝาขวดทุก 30 วินาที เพื่อระบายแก๊สที่เกิดขึ้นและป้องกันอันตรายที่เกิดจากการระเบิด) ตั้งทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารละลายว่ามีการแยกชั้นของกลีเซอรอล (กลีเซอริน) กับไบโอดีเซลหรือไม่อย่างไร จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุป พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองลงในใบบันทึกกิจกรรมที่ 3 ข้อ 2.1

2.10 ครูเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ 1-3 เพื่อให้นักเรียน มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

### 3. ขั้นตอนการแก้ปัญหา (ชั่วโมงที่ 2)

#### กิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล

3.1 ครูทบทวนสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมอีกครั้ง นักเรียนจะต้องผลิตไบโอดีเซลให้ได้ปริมาณมากที่สุดโดยใช้วัสดุที่มีอยู่ และใช้งบประมาณในการผลิตน้อยที่สุด โดยเชื่อมโยงความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการทำกิจกรรมที่ 1-3 กับการออกแบบและผลิตไบโอดีเซล ดังนี้

3.1.1 กิจกรรมที่ 1 โซเดียมไฮดรอกไซด์กลายร่าง กิจกรรมนี้ทำให้นักเรียนได้ทราบปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตไบโอดีเซล เช่น ความเข้มข้นของตัวเร่งปฏิกิริยา

3.1.2 กิจกรรมที่ 2 คุณภาพของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลในท้องตลาด กิจกรรมนี้ ทำให้นักเรียนได้ทราบคุณภาพที่ดีของน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลเป็นอย่างไร

3.1.3 กิจกรรมที่ 3 น้ำมันเมล็ดยางพารากับการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย กิจกรรมนี้ ทำให้นักเรียนได้ทราบ วิธีการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

3.2 ครูนำเข้าสู่กิจกรรม โดยการตั้งคำถามและอภิปรายร่วมกันกับนักเรียน ถ้าต้องการผลิตไบโอดีเซล นักเรียนควรเลือกใช้ น้ำมันและตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดใด ภายในเวลา 3 นาที บันทึกลงใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร ข้อที่ 1 (ความคิดยืดหยุ่นและความคิดคล่องแคล่ว)

3.3 ครูอธิบายเงื่อนไขในการออกแบบและการผลิตไบโอดีเซล ดังนี้

- สามารถผลิตไบโอดีเซลได้ในปริมาณมากที่สุด
- ความหนืดของไบโอดีเซล 8-10 วินาที เครื่องมือที่ใช้ ปิดเปิด

ขนาด 10 มิลลิลิตร และนาฬิกาจับเวลา

- ใช้งบประมาณในผลิตน้อยที่สุด

หลังจากทุกกลุ่มได้รับวัสดุอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว จะเริ่มผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา โดยออกแบบขั้นตอนกระบวนการผลิต พร้อมทั้งวาดภาพระบายสี โดยมีระยะเวลา 30 นาที

3.4 ครูบอกนักเรียนแต่ละกลุ่มว่านักเรียนจะได้รับวัสดุอะไรบ้าง (สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ผสมกับเมทานอล (0.3 กรัม/25 มิลลิลิตร) ขวดโด้กพลาสติกขนาด 330 มิลลิลิตร) โดยที่ไม่ต้องจ่ายเงินในการซื้อ

3.5 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อออกแบบและการผลิตไบโอดีเซล โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้ โดยเขียนเป็นภาพร่างออกแบบขั้นตอน

กระบวนการผลิต และบรรจุภัณฑ์ ลงไปกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1  
เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร ข้อที่ 2 และข้อที่ 3

#### (ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ)

3.6 ให้นักเรียนผลิตไบโอดีเซล ด้วยวัสดุที่จำกัด มีการกำหนดเงื่อนไข  
เกี่ยวกับต้นทุนของวัสดุที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล โดยมีราคา ดังนี้

- น้ำมันเมล็ดยางพารา ราคา 3 บาท/100 มิลลิลิตร
- น้ำมันปาล์ม ราคา 4 บาท/100 มิลลิลิตร
- น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำปาล์ม (75:25 มิลลิลิตร) ราคา 5 บาท/100 มิลลิลิตร
- น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำปาล์ม (50:50 มิลลิลิตร) ราคา 6 บาท/100 มิลลิลิตร
- น้ำมันเมล็ดยางพาราผสมน้ำปาล์ม (25:75 มิลลิลิตร) ราคา 7 บาท/100 มิลลิลิตร

#### 4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (ชั่วโมงที่ 3)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา  
ตามขั้นตอนที่ได้ร่วมกันออกแบบไว้

4.2 นักเรียนนำใบรายการวัสดุไปเลือกซื้อของ ตามที่ได้ออกแบบไว้  
และลงมือผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา และบันทึกผลลงในใบกิจกรรม  
ฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร  
ข้อที่ 4

#### 5. ขั้นทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

5.1 ครูให้นักเรียนอธิบายสีของไบโอดีเซลที่ผลิตได้พร้อมให้เหตุผลประกอบ  
ทำการทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซลที่ผลิตได้ เช่น ความหนืด ค่า pH การติดไฟ  
และลักษณะคว้น ทดสอบความบริสุทธิ์ด้วยเทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (TLC)  
และผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการเกิดปฏิกิริยาเคมีในรูปผลผลิตร้อยละ (percent yield, % yield)  
พร้อมทั้งสังเกตและบันทึกผลลงในใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1  
เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร ข้อที่ 5 (ครั้งที่ 1)

5.2 นักเรียนนำผลการทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของไบโอดีเซลที่ผลิตได้  
มาหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ดีขึ้น จากนั้นลงมือปรับปรุงชิ้นงานแล้วนำไป  
ทดสอบคุณภาพอีกครั้ง พร้อมทั้งสังเกตและบันทึกผลลงในใบกิจกรรมฝึกความคิด  
สร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร ข้อที่ 5  
(ครั้งที่ 2)

5.3 ครูให้นักเรียนแต่ละคนโหวตบรรจุภัณฑ์ไบโอดีเซลที่ออกแบบ โดยมีเงื่อนไขว่าไม่ให้ลงคะแนนกลุ่มตนเอง

## 6. ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงาน พร้อมแนวคิดการออกแบบ และการผลิตไบโอดีเซล อธิบายวัสดุต่าง ๆ ที่เลือกใช้ โดยอธิบายองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการออกแบบ และการผลิตไบโอดีเซล พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพชิ้นงาน เช่น

- ไบโอดีเซลที่นักเรียนผลิตขึ้นมีสีเหลืองทองใสไม่มีตะกอน หรือไม่อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเกิดสีอย่างนั้น และใช้บประมาณคุ้มค่า หรือไม่ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

- ไบโอดีเซลที่นักเรียนผลิตขึ้นมีสมบัติที่ดีและมีความบริสุทธิ์ หรือไม่ และใช้บประมาณคุ้มค่า หรือไม่ เพราะเหตุใด

6.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุป และอภิปรายเกี่ยวกับการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย

## 8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเคมี เล่ม 2 ม.4

8.2 ใบความรู้เรื่องที่ 1 การหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

8.3 ใบความรู้เรื่องที่ 2 คุณภาพของไบโอดีเซล

8.4 ใบความรู้เรื่องที่ 3 ไบโอดีเซล

8.5 ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง โซเดียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนสถานะของแข็งเป็นของเหลว

8.6 ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 เรื่อง คุณภาพของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลในห้องทดลอง

8.7 ใบบันทึกกิจกรรมที่ 3 เรื่อง น้ำมันเมล็ดยางพารากับการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย

8.8 ใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล

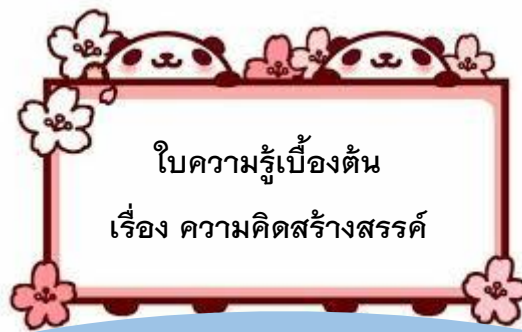
## 8.9 แหล่งเรียนรู้

8.9.1 ห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์

8.9.2 อินเทอร์เน็ตและเว็บไซต์ในการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

## 9. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้	- ตรวจสอบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน) - ตรวจสอบบันทึก กิจกรรม	- แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน) - ใบบันทึกกิจกรรม	- ร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	- ตรวจสอบทดสอบ ความคิดสร้างสรรค์ (ก่อนเรียน-หลังเรียน) - ตรวจสอบชิ้นงาน	- แบบทดสอบ ความคิดสร้างสรรค์ (ก่อนเรียน-หลังเรียน) - แบบประเมิน ความคิดสร้างสรรค์ ของชิ้นงาน	ร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์ - ผ่านเกณฑ์อยู่ใน ระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะอัน พึงประสงค์และ สมรรถนะสำคัญของ ผู้เรียน	- สังเกตความซื่อสัตย์ สุจริต มีวินัย มุ่งมั่นใน การทำงาน ใฝ่เรียนรู้ มีจิตสาธารณะ และสมรรถนะ ที่สำคัญ 5 ประการ	- แบบประเมิน คุณลักษณะอันพึง ประสงค์และ สมรรถนะสำคัญของ ผู้เรียน	- ผ่านเกณฑ์อยู่ใน ระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป



ใบความรู้เบื้องต้น  
เรื่อง ความคิดสร้างสรรค์

❖ ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดหลายทิศทาง คิดได้กว้างไกล นำไปสู่การค้นพบ สิ่งใหม่ ๆ ความสามารถพิเศษทางสมองของบุคคลที่สามารถคิดแปลกใหม่จากความคิดหรือการกระทำของคนอื่นอย่างที่ไม่



1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบและเขียนคำตอบได้ โดยเป็นคำตอบที่แปลกใหม่ และคิดสิ่งที่ผิดแปลกไปจากที่ผู้อื่นคิด

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่วรวดเร็ว และได้คำตอบมากที่สุดในเวลาจำกัด หรือเป็นคนที่มีปฏิภาณไหวพริบดี

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบได้หลายทิศทางหลายแง่มุม หรือมองสถานการณ์ทุกอย่างได้หลายมิติ ทำให้สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี



4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบ สามารถคิดในรายละเอียดที่เป็นปลีกย่อยได้ดี เพื่อขยายหรือตกแต่งความคิดหลัก ให้ได้ความหมายที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

## ใบความรู้ที่ 1

### เรื่อง การหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

❖ โมลาริตี หรือ โมลาร์ เป็นหน่วยความเข้มข้น ที่เป็นอัตราส่วนของจำนวนโมลของตัวถูกละลายที่อยู่ในสารละลาย ปริมาตร 1 ลิตร (L) จะเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ M สามารถเขียนเป็นสูตรได้ดังนี้

$$\text{โมลาริตี} = \frac{\text{จำนวนโมลของตัวทำละลาย (mol)}}{\text{ปริมาตรของสารละลาย (dm}^3 \text{ หรือ L)}}$$

#### ❖ ตัวอย่าง

➤ โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 3.0 โมล ละลายในน้ำ 0.650 ลิตร จงคำนวณความเข้มข้นในหน่วยโมลต่อลิตรของสารละลาย

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารละลาย NaCl} &= \frac{3.0 \text{ mol NaCl}}{0.650 \text{ L}} \\ &= 4.6 \text{ mol NaCl/L sol}^n \end{aligned}$$

ดังนั้น สารละลายโซเดียมคลอไรด์มีความเข้มข้น 4.6 โมลต่อลิตร

❖ ส่วนในล้านส่วน (parts per million, ppm) และส่วนในพันล้านส่วน (parts per billion, ppb) เป็นการบอกปริมาณของตัวละลายต่อล้านส่วนและพันล้านส่วนของสารละลาย ตามลำดับ ในหน่วยมวลหรือหน่วยปริมาตรเดียวกัน ตามความสัมพันธ์ดังนี้

$$\text{ส่วนในล้านส่วน (ppm)} = \frac{\text{มวลหรือปริมาณของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาณของสารละลาย}} \times 10^6$$

$$\text{ส่วนในพันล้านส่วน (ppb)} = \frac{\text{มวลหรือปริมาณของตัวละลาย}}{\text{มวลหรือปริมาณของสารละลาย}} \times 10^9$$



- สินแร่ตัวอย่างชนิดหนึ่ง 0.456 กรัม เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่า มีโครเมียม (III) ออกไซด์ ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) อยู่ 0.560 มิลลิกรัม สินแร่ตัวอย่างมีโครเมียม (III) ออกไซด์ อยู่กี่ส่วนในล้านส่วน

$$\begin{aligned} \text{มวลของ } \text{Cr}_2\text{O}_3 &= 0.560 \text{ mg } \text{Cr}_2\text{O}_3 \times \frac{1 \text{ g } \text{Cr}_2\text{O}_3}{1000 \text{ mg } \text{Cr}_2\text{O}_3} \\ &= 5.60 \times 10^{-4} \text{ g } \text{Cr}_2\text{O}_3 \end{aligned}$$

$$\text{มวลของสารละลาย} = 0.456 \text{ g}$$

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารละลาย} &= \frac{\text{มวลของ } \text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ (g)}}{\text{มวลของสินแร่ (g)}} \times 10^6 \text{ ppm} \\ &= \frac{5.60 \times 10^{-4}}{0.456} \times 10^6 \text{ ppm} \\ &= 1.23 \times 10^3 \text{ ppm} \end{aligned}$$

ดังนั้น ในสินแร่ตัวอย่างมีโครเมียม(III)ออกไซด์อยู่  $1.23 \times 10^3$  ส่วนในล้านส่วน

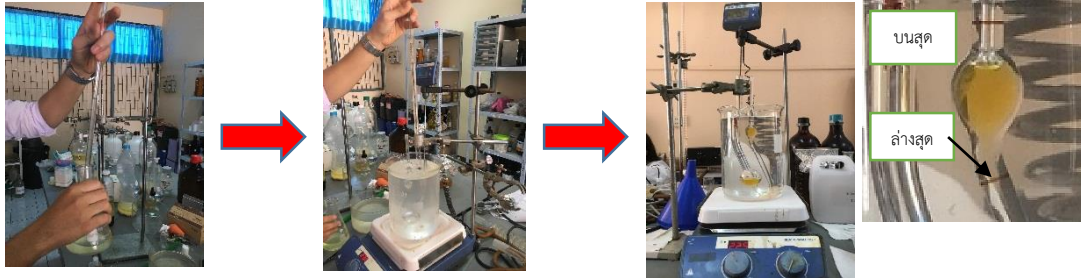
- ถ้าในอากาศ 100 มิลลิลิตร มีไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ ( $\text{N}_2\text{O}$ )  $3.30 \times 10^{-5}$  มิลลิลิตร ความเข้มข้นของไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ในอากาศในหน่วยส่วนในพันล้านส่วนมีค่าเป็นเท่าใด

$$\begin{aligned} \text{ความเข้มข้นของสารละลาย} &= \frac{3.30 \times 10^{-5} \text{ mL } \text{N}_2\text{O}}{100 \text{ mL air}} \times 10^9 \text{ ppb} \\ &= 3.30 \times 10^2 \text{ ppb} \end{aligned}$$

ดังนั้น ความเข้มข้นของไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ในอากาศเท่ากับ  $3.30 \times 10^2$  ส่วนในล้านส่วน

## ใบความรู้ที่ 2 เรื่อง คุณภาพของไบโอดีเซล

### 1. การทดสอบความหนืดของน้ำมันเมิลด์ยงพารา



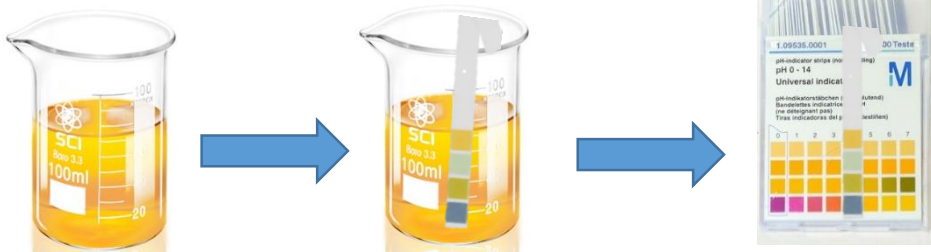
ปิเปตไบโอดีเซล  
10 cm<sup>3</sup>

ใส่ไบโอดีเซลใน Ostwald  
Viscometers

ดูดไบโอดีเซลจนถึงขีดบนสุดจากนั้น  
ทำการจับเวลา และหยุดเวลา เมื่อ  
น้ำมันเคลื่อนที่ถึงจุดล่างสุด นำเวลา  
ที่ได้ไปคูณกับค่าคงที่ของ Ostwald  
Viscometers ได้หน่วยเป็น cSt

❖ ความหนืดของไบโอดีเซล 8-10 วินาที  
หรือ 3-3.5 cSt

### 2. การทดสอบค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส



เทไบโอดีเซล  
ใส่ปิแกเจอร์

นำกระดาษลิตมัสจุ่ม  
ลงไปไบโอดีเซล

นำกระดาษลิตมัสที่จุ่มลงไป  
ไบโอดีเซล มาเทียบสี พร้อม  
อ่านค่า pH

❖ ค่า pH ของไบโอดีเซล ประมาณ 5.5-6.5

### 3. การทดสอบการติดไฟและลักษณะควัน



หยดไบโอดีเซล 10 หยด

ทำการจุดติดไฟ

สังเกตการณ์ติดไฟ  
และลักษณะควัน

#### 4. การทดสอบหาความบริสุทธิ์ของไบโอดีเซลโดยใช้เทคนิคโครมาโทกราฟีแบบเยื่อบาง (Thin layer chromatography, TLC)

- 1) ปิเปตสารไบโอดีเซลมาตรฐาน ตัวอย่าง และสารตั้งต้น ในขวดสารที่เตรียมไว้
- 2) ทำการหยดสารไบโอดีเซลมาตรฐาน ตัวอย่าง และสารตั้งต้น ลงบนแผ่น TLC
- 3) นำแผ่น TLC ลงไปในเฟสเคลื่อนที่ ประกอบด้วยสาร Petroleum Ether, Diethyl Ether, Nitric Acid อัตราส่วน 85:15:1
- 4) เมื่อตัวทำละลายเคลื่อนที่จนถึงจุดที่กำหนด นำแผ่น TLC ออกและเป่าให้แห้ง และนำไปอบไอโอดีน



ปิเปตสาร



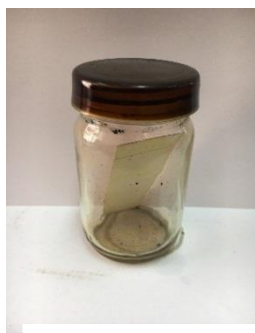
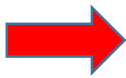
ทำการหยดสาร ลงบนแผ่น TLC



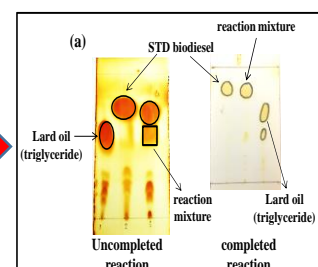
นำแผ่น TLC ลงไปในเฟสเคลื่อนที่



นำแผ่น TLC ออก และเป่าให้แห้ง



นำไปอบไอโอดีน



ตัวอย่างการติดตามอัตราการ

เกิดปฏิกิริยาการสังเคราะห์

น้ำมันไบโอดีเซลด้วยเทคนิค TLC

## ใบความรู้ที่ 3

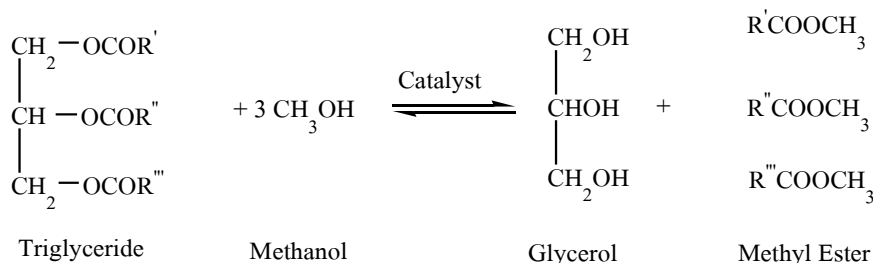
### เรื่อง ไบโอดีเซล

#### 1. ไบโอดีเซล



ที่มา: <https://board.postjung.com/1187810>

❖ ไบโอดีเซล (Biodiesel) หมายถึง เชื้อเพลิงทดแทนประเภทดีเซลจากธรรมชาติ โดยการนำน้ำมันพืชหรือไขมันสัตว์ ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทไตรกลีเซอไรด์ มาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์ (Ethanol หรือ Methanol) และมีด่างเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา เช่น โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จะได้ผลิตภัณฑ์เป็น เอสเทอร์ (Ester) และผลิตภัณฑ์ผลพลอยได้กลีเซอรอล (Glycerol) ซึ่งเราจะเรียกชนิดของไบโอดีเซลแบบทรานส์เอสเทอร์นี้ ตามชนิดของแอลกอฮอล์ที่ใช้ในการทำปฏิกิริยา ไบโอดีเซลชนิดเอสเทอร์นี้มีคุณสมบัติการเผาไหม้เหมือนกับน้ำมันดีเซลจากปิโตรเลียม และสามารถใช้ทดแทนกันได้ ไบโอดีเซลที่ได้สามารถนำไปเติมกับเครื่องยนต์ดีเซลได้โดยตรงหรืออาจทำการผสมกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนต่าง ๆ เช่น ไบโอดีเซลผสมกับน้ำมันดีเซลร้อยละ 7 (B7) ร้อยละ 10 (B10) หรือร้อยละ 20 (B20) เป็นต้น



เมื่อ R' และ R'' คือ สายโซ่ของหมู่แอลคิลในกรดไขมัน

ภาพประกอบ 17 สมการทั่วไปแสดงการเกิดปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน

ที่มา: Ma et al., 1999, pp. 1-15



ที่มา: <http://www.realtimecarmagazine.com/newsite/archives/30026>

## 2. วัตถุดิบที่ใช้ผลิตไบโอดีเซล

1. ปาล์มน้ำมัน เป็นพืชน้ำมันที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตไบโอดีเซลในประเทศไทยเนื่องจากเป็นพืชที่ให้ผลผลิตน้ำมันต่อไร่ที่สูงกว่าเมล็ดแรมถึง 5 เท่า และสูงกว่าถั่วเหลืองถึง 10 เท่ามีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ อีกทั้งปาล์มน้ำมันยังเป็นพืชยืนต้นที่ทนผลกระทบจากธรรมชาติได้เป็นอย่างดีและปาล์มน้ำมันยังสามารถให้ผลผลิตได้นานถึง 20 ปี จึงทำให้ความต้องการน้ำมันปาล์มดิบในประเทศเพิ่มสูงขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก ซึ่งประเทศที่มีการปลูกปาล์มน้ำมันมากที่สุดได้แก่ ประเทศมาเลเซีย

2. เมล็ดแรม มีลักษณะเป็นเม็ดเล็ก ๆ เหมือนเมล็ดงา เป็นพืชล้มลุกประเภทวัชพืชที่พบอยู่ทั่วไปในทวีปยุโรป ปัจจุบันเมล็ดแรมเป็นวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดในยุโรป คือมีส่วนแบ่งในการผลิตถึงร้อยละ 80 ของวัตถุดิบอื่น ๆ ทั้งหมด ซึ่งประเทศเยอรมันถือเป็นประเทศผู้นำในการผลิตไบโอดีเซลจากเมล็ดแรม

3. สบู่ดำ เป็นพืชน้ำมันอย่างหนึ่งที่ภาครัฐมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้ปลูกเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตไบโอดีเซลภายในชุมชน เนื่องจากเป็นพืชที่สามารถปลูกได้ง่าย และไม่ต้องดูแลรักษามาก ทนต่อสภาพภัยแล้งและน้ำท่วมได้ ใช้พื้นที่ในการเพาะปลูกน้อย สามารถเก็บเกี่ยวผลผลิตได้ภายในหนึ่งปีหลังจากที่ปลูก และมีอายุยืนกว่า 30 ปี น้ำมันจากผลสบู่ดำสามารถนำมาใช้ในเครื่องยนต์ดีเซลรอบต่ำสำหรับการเกษตรแทนน้ำมันดีเซลได้ทันที

4. ถั่วเหลือง เป็นพืชที่นิยมใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตไบโอดีเซลมากที่สุดในสหรัฐอเมริกา โดยมีการผลิตมากถึง 30 ล้านตันต่อปี

5. น้ำมันพืชใช้แล้ว ประเทศที่พัฒนาแล้วส่วนใหญ่จะนิยมนำน้ำมันพืชที่ใช้แล้วมาผลิตเป็นน้ำมันไบโอดีเซล โดยในประเทศไทยเริ่มนำน้ำมันพืชใช้แล้วมาผลิตอย่างเป็นรูปธรรม ในปี 2550 โดยบริษัทบางจากฯ โดยมีกำลังการผลิตมากถึง 50,000 ลิตรต่อวัน

## 3. ประเภทของการผลิตไบโอดีเซล

ประเภทของการผลิตไบโอดีเซลแบ่งออกเป็น 4 ประเภท

1. การผลิตไบโอดีเซลแบบกะ (Batch Technology) เป็นการผลิตแบบไม่ต่อเนื่องทำให้ผลิตได้คราวละไม่มาก และผลผลิตมีคุณภาพไม่สม่ำเสมอ แต่มีข้อดีคือ ใช้เงินลงทุนต่ำ

2. แบบต่อเนื่อง ปฏิกริยาทรานเอสเทอร์ริฟิเคชัน (Continuous Trans-Esterification) เป็นกระบวนการผลิตที่ต้องใช้เงินลงทุนสูงกว่าแบบแรก แต่ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพสูงกว่า และมีกำลังการผลิตที่สูงกว่าแบบแรก

3. แบบต่อเนื่อง 2 ขั้นตอน (Two Step Reaction) เป็นกระบวนการผลิตที่สามารถใช้กับวัตถุดิบได้หลายชนิด รวมถึงน้ำมันที่มีกรดไขมันอิสระสูง โดยทำปฏิกิริยาเอสเทอร์ฟิเคชันในขั้นแรก และผ่านกระบวนการทรานเอสเทอร์ฟิเคชันอีกครั้ง ทำให้ได้ผลผลิตที่มากกว่า 2 แบบแรก แต่อย่างไรก็ตามก็ยังคงใช้เงินลงทุนสูงเช่นกัน

4. เทคโนโลยีไมโครเวฟ (Micro Wave Technology) เป็นกระบวนการผลิตที่สามารถทำปฏิกิริยาได้รวดเร็วขึ้น ด้วยการใช้คลื่นไมโครเวฟ และใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่า ซึ่งในปัจจุบันยังคงมีเฉพาะ Pilot Plant และใช้เงินในการลงทุนสูงมาก

#### 4. กระบวนการผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพาราประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

1. นำน้ำมันเมล็ดยางพาราที่เตรียมไว้เทใส่ในปิกเกอร์
2. นำน้ำมันเมล็ดยางพาราที่อยู่ในปิกเกอร์ที่เตรียมไว้ไปอุ่นให้ร้อน โดยใช้เตาไฟฟ้าหรือเตาถ่านให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 65–70 องศาเซลเซียส
3. ตวงน้ำมันเมล็ดยางพาราที่อุ่นให้ความร้อน ปริมาตร 100 มิลลิลิตร
4. ตวงสารละลายเมทานอล ปริมาตร 25 มิลลิลิตร
5. ชั่งตัวเร่งปฏิกิริยาไฮดรอกไซด์ 0.1–0.5 กรัม (ปริมาตรที่ใช้ขึ้นอยู่กับน้ำมันที่นำมาทำไบโอดีเซลว่าเก่าหรือหนืดมากน้อยเพียงใด) ใส่ลงไปในปิกเกอร์ที่มีเมทานอล
6. นำตัวเร่งปฏิกิริยาละลายในเมทานอลเทใส่ในขวดพลาสติกจากนั้นเขย่าจนละลายเป็นเนื้อเดียวกัน
7. นำน้ำมันเมล็ดยางพาราที่อุ่นไว้แล้วเทใส่ในขวดพลาสติกแห้งที่เตรียมไว้ จากนั้นนำสารละลายตัวเร่งปฏิกิริยาในเมทานอลเทใส่ลงไป ปิดฝาให้แน่น เขย่าให้สารทั้งหมดผสมรวมกัน (ในขณะที่เขย่า สังเกตขวดพลาสติกหากมีความดันในขวดมาก คือขวดแข็งบีบไม่ลง ให้เปิดฝาขวดออกเพื่อระบาย จากนั้นปิดฝาและเขย่าต่อ ทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าความดันหมดไป ซึ่งแสดงว่าเกิดเป็นไบโอดีเซลแล้ว)
8. นำไบโอดีเซลที่ได้ตั้งทิ้งไว้ให้กลีเซอรินแยกชั้นออกมา
9. เมื่อกลีเซอรินแยกชั้นออกมาจากไบโอดีเซลเรียบร้อยแล้ว เทเอาไบโอดีเซลที่ได้ออกมาจากกรวยแยกมาล้างด้วยน้ำอีกครั้ง จะได้ไบโอดีเซลที่สามารถนำไปเติมรถไถนาหรือเครื่องยนต์ดีเซลรอบตัวได้

## กิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตไบโอดีเซล

### 1. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### 1.1 ความรู้ (Knowledge)

1.1.1 คำนวณความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

#### 1.2 ทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด (Process)

1.2.1 ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต

ทักษะการทดลอง ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล

1.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

#### 1.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

1.3.1 มีความซื่อสัตย์สุจริต

1.3.2 มีวินัย

1.3.3 มุ่งมั่นในการทำงาน

1.3.4 ใฝ่เรียนรู้

1.3.5 มีจิตสาธารณะ

### 2. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

2.1 ความสามารถในการสื่อสาร

2.2 ความสามารถในการคิด

2.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

2.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

2.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

## 3. วัสดุอุปกรณ์

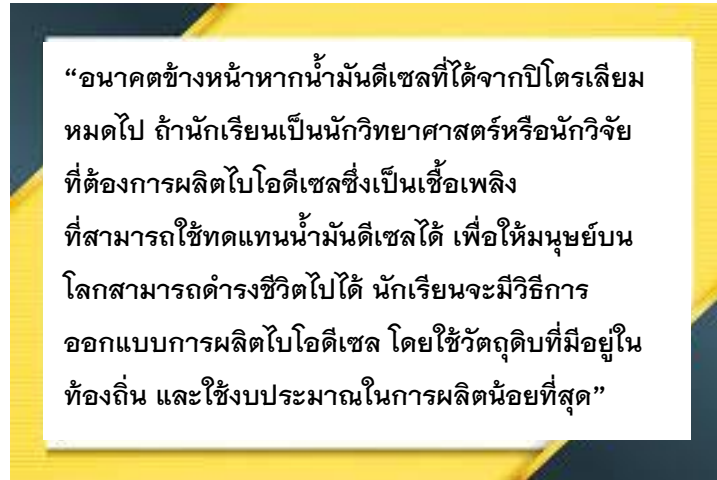
ลำดับ	รายการ	จำนวนต่อ กลุ่ม
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 cm <sup>3</sup> และ 250 cm <sup>3</sup>	1 ใบ
2	กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100 cm <sup>3</sup>	1 อัน
3	เทอร์มิเตอร์ (Thermometer) ขนาด 100 cm <sup>3</sup>	1 อัน
4	ขวดพลาสติก	1 ขวด
5	ปิเปต (Pipet) ขนาด 10 cm <sup>3</sup> พร้อมลูกยาง (Pipet Bulb)	1 ชุด
6	ตะเกียงแอลกอฮอล์ (Alcohol Burner)	1 อัน
7	กระบังลมตะเกียงแอลกอฮอล์ (Wind Shield)	1 อัน
8	แผ่นกระจายความร้อน (Wire Gauze)	1 แผ่น
9	หลอดหยด (Dropper)	1 อัน
10	สารละลายไฮโดรเจน	1 ขวด
11	โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)	1 กิโลกรัม
12	เมทานอล (CH <sub>3</sub> OH)	1 ลิตร
13	น้ำมันดีเซลตัวอย่าง	1 ลิตร
14	กระดาษลิตมัส (pH Paper)	1 กล่อง



## ตอนที่ 1 สงสัยใคร่รู้

## ชั่วโมงที่ 1

1. ให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ และระบุปัญหาที่พบจากสถานการณ์



### ปัญหาที่พบจากสถานการณ์ ได้แก่

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

## ใบกิจกรรมที่ 1

## เรื่อง โซเดียมไฮดรอกไซด์เปลี่ยนสถานะของแข็งเป็นของเหลว

## 1. จุดประสงค์

1.1 นักเรียนสามารถคำนวณความเข้มข้นในหน่วย mol/L ppm และ ppb

1.2 นักเรียนสามารถเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยาเพื่อใช้ในการผลิตไบโอดีเซล

## 2. คำสั่ง ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมดังต่อไปนี้

2.1 นักเรียนเตรียมตัวเร่งปฏิกิริยา โดยมีอัตราส่วนผสมของโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ต่อเมทานอล ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) ดังนี้ 0.1 g ต่อ  $10 \text{ cm}^3$ , 0.2 g ต่อ  $10 \text{ cm}^3$ , 0.3 g ต่อ  $10 \text{ cm}^3$  และ 0.4 g ต่อ  $10 \text{ cm}^3$

การทดลอง	ผลการสังเกต	
	ก่อนเติม NaOH	หลังเติม NaOH
NaOH: CH <sub>3</sub> OH		
0.1:10		
0.2:10		
0.3:10		
0.4:10		

2.2 จากการทดลองข้อที่ 2.1 นักเรียนจงคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ในหน่วยต่าง ๆ พร้อมแสดงวิธีการคำนวณ

2.2.1 ความเข้มข้นของสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ในหน่วยโมลาริตี (M)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2.2 ความเข้มข้นของสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ในหน่วยหนึ่งส่วนในล้านส่วน (ppm)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2.2.3 ความเข้มข้นของสารละลายไฮเดียมไฮดรอกไซด์ในหน่วยหนึ่งส่วนในพันล้านส่วน (ppb)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2**  
**คุณภาพของน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลในท้องตลาด**

**1. จุดประสงค์**

1.1 ศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลในท้องตลาด

**2. คำสั่ง ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมดังต่อไปนี้**

2.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตสีของน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลในท้องตลาด

จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงในใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 ข้อ 1) และ 2)

1) สีของน้ำมันดีเซลในท้องตลาด.....

.....

2) สีของไบโอดีเซลในท้องตลาด.....

.....

2.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของน้ำมันดีเซล

และไบโอดีเซลในท้องตลาด

การทดสอบ	ไบโอดีเซล	น้ำมันดีเซล
<b>1. ความหนืด</b> - ใช้ปิเปตขนาด 25 cm <sup>3</sup> ดูดน้ำมันดีเซล และไบโอดีเซลตัวอย่างในท้องตลาด ปริมาตร 25 cm <sup>3</sup> แล้วปล่อยให้ น้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลตัวอย่าง ไหลให้หมดพร้อมกับจับเวลา	1) .....sec 2) .....sec 3) .....sec เฉลี่ย = .....sec	1) .....sec 2) .....sec 3) .....sec เฉลี่ย = .....sec
<b>2. ค่า pH</b> - ใช้กระดาษลิตมัส (pH paper)	pH = .....	pH = .....
<b>3. การติดไฟและลักษณะควัน</b> - หยดน้ำมันดีเซลและไบโอดีเซลลงใส่ สำลีปริมาตร 10 หยด นำไปจุดติดไฟ สังเกตการติดไฟ การเกิดควันและ ลักษณะควัน		

### ใบบันทึกกิจกรรมที่ 3

#### น้ำมันเมล็ดยางพารากับการผลิตไบโอดีเซลอย่างง่าย

##### 1. จุดประสงค์

1.1 นักเรียนสามารถผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา

##### 2. คำสั่ง ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมดังต่อไปนี้

2.1 ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลอง การผลิตไบโอดีเซลจากน้ำมันเมล็ดยางพารา ดังต่อไปนี้

รายการทดสอบ	การเปลี่ยนแปลง	ทักษะกระบวนการ วิทยาศาสตร์ที่ได้รับ
1. สังเกตสีของน้ำมันเมล็ดยางพารา		
2. ความหนืด ใช้ปิเปตขนาด 25 cm <sup>3</sup> ดูดน้ำมันเมล็ดยางพารา ปริมาตร 25 cm <sup>3</sup> แล้วปล่อยให้ น้ำมันเมล็ดยางพาราไหลให้หมด พร้อมกับจับเวลา	1) .....sec 2) .....sec 3) .....sec เฉลี่ย = .....sec	
3. วัดค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส	pH = .....	
4. การเปลี่ยนแปลงของสารละลายว่ามีการแยกชั้นของไบโอดีเซลกับกลีเซอรินหรือไม่ อย่างไร		

## ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร

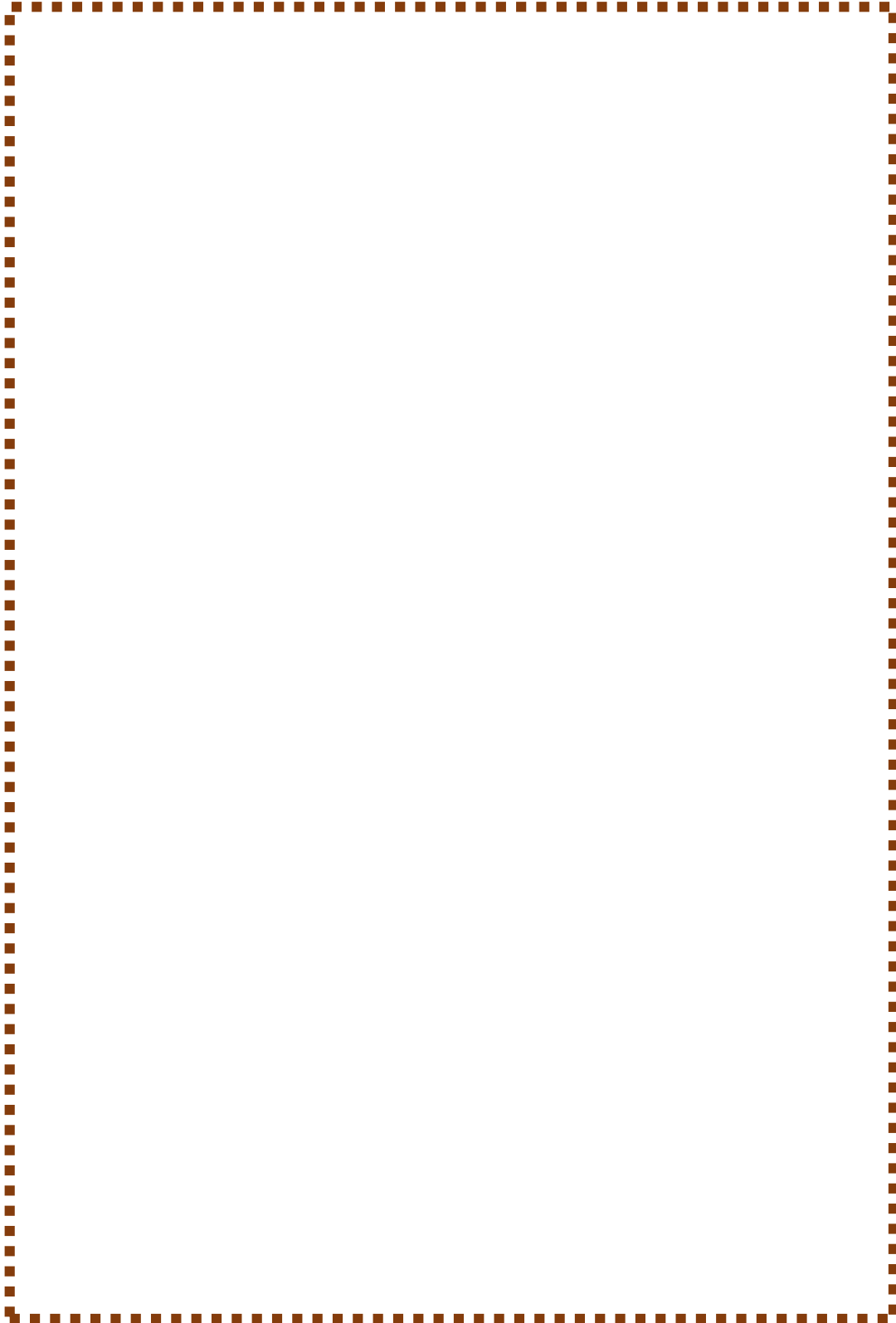
## ชั่วโมงที่ 3

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนระบุน้ำมันหรือตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที

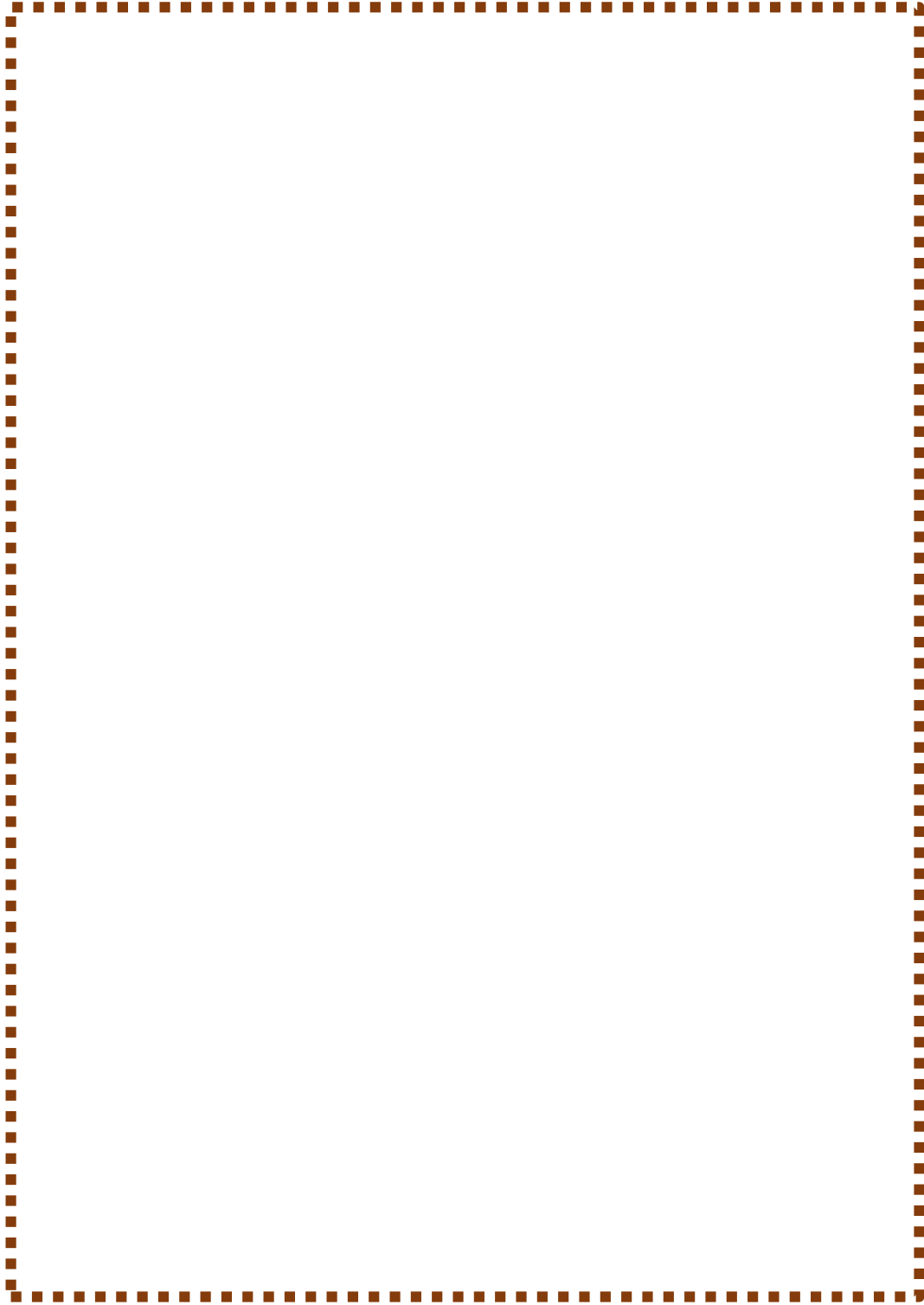
- |         |         |
|---------|---------|
| 1.....  | 11..... |
| 2.....  | 12..... |
| 3.....  | 13..... |
| 4.....  | 14..... |
| 5.....  | 15..... |
| 6.....  | 16..... |
| 7.....  | 17..... |
| 8.....  | 18..... |
| 9.....  | 19..... |
| 10..... | 20..... |

2. ให้นักเรียนออกแบบ และวาดภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตไบโอดีเซล  
และขั้นตอนการผลิตไบโอดีเซล (พร้อมเขียนคำอธิบายและระบายสีให้สวยงาม)



3. ให้นักเรียนออกแบบบรรจุภัณฑ์ไปโอดีเซล เพื่อนำไปขายเชิงพาณิชย์

(พร้อมระบายสีให้สวยงาม)





4. ให้นักเรียนบันทึกวัสดุ ไปเลือกซื้อของตามที่ได้ออกแบบไว้ และลงมือ

ผลิตไปไอติเซล

ชื่อกลุ่ม.....

รายการ	ราคา (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
<b>รวม</b>			

5. ให้นักเรียนลงมือทำการทดสอบคุณภาพของไบโอดีเซล ปรับปรุงแก้ไข  
และบันทึกผลลงในตารางต่อไปนี้

ครั้งที่	รายการทดสอบ	คุณภาพของ ไบโอดีเซล	วิธีการปรับปรุง แก้ไข	ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่ ได้รับ
1	1. การสังเกตสี ของไบโอดีเซล			
	2. การทดสอบ ค่า pH	pH = .....		
	3. ค่าความหนืด	1) .....sec 2) .....sec 3) .....sec เฉลี่ย = .....sec		
	4. การทดสอบการ ติดไฟ และลักษณะ ของควัน			
	5. ทดสอบความ บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค โครมาโทกราฟี แบบเยื่อบาง (TLC)			
	6. ผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการ เกิดปฏิกิริยา เคมีในรูปผลผลิต ร้อยละ (percent yield, % yield)			

ครั้งที่	รายการทดสอบ	คุณภาพของ ไบโอดีเซล	วิธีการปรับปรุง แก้ไข	ทักษะ กระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ที่ ได้รับ
2	1. การสังเกตสี ของไบโอดีเซล			
	2. การทดสอบ ค่า pH	pH =.....		
	3. ค่าความหนืด	1) .....sec 2) .....sec 3) .....sec เฉลี่ย = .....sec		
	4. การทดสอบการ ติดไฟ และลักษณะ ของควัน			
	5. ทดสอบความ บริสุทธิ์ด้วยเทคนิค โครมาโทกราฟี แบบเยื่อบาง (TLC)			
	6. ผลิตภัณฑ์ที่ได้ จากการ เกิดปฏิกิริยา เคมีในรูปผลผลิต ร้อยละ (percent yield, % yield)			

## 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา

คำชี้แจง: นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา

สาระการเรียนรู้	ความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา
วิทยาศาสตร์	..... ..... ..... .....
เทคโนโลยี	..... ..... ..... .....
วิศวกรรมศาสตร์	..... ..... ..... .....
ศิลปะ	..... ..... ..... .....
คณิตศาสตร์	..... ..... ..... .....

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน)

เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง: ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ลงใน  
กระดาษคำตอบ

1. เกลือแกงชนิดหนึ่ง 20 กรัม เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่ามิโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 15 กรัม เกลือแกงมิโซเดียมคลอไรด์อยู่ที่ส่วนในล้านส่วน (ด้านความรู้ความเข้าใจ)
  - ก.  $7.5 \times 10^5$  ส่วนในล้านส่วน
  - ข.  $7.5 \times 10^4$  ส่วนในล้านส่วน
  - ค.  $7.5 \times 10^3$  ส่วนในล้านส่วน
  - ง.  $7.5 \times 10^2$  ส่วนในล้านส่วน
2. ตัวเร่งปฏิกิริยาข้อใด มีโซเดียมไฮดรอกไซด์อยู่ส่วนในล้านส่วน มากที่สุด (ด้านการประเมินค่า)
  - ก. ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง 1 กรัม มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 กรัม
  - ข. ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง 2 กรัม มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัม
  - ค. ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง 4 กรัม มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 3 กรัม
  - ง. ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง 6 กรัม มีโซเดียมไฮดรอกไซด์ 4 กรัม
3. ถ้าในอากาศ 100 มิลลิลิตร มีไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ ( $N_2O$ )  $3.30 \times 10^{-5}$  มิลลิลิตร ความเข้มข้นของไดไนโตรเจนมอนอกไซด์ในอากาศในหน่วยส่วนในพันล้านส่วนมีค่าเท่ากับข้อใด (ด้านความรู้ความเข้าใจ)
  - ก.  $3.0 \times 10^2$  ส่วนในพันล้านส่วน
  - ข.  $3.30 \times 10^3$  ส่วนในพันล้านส่วน
  - ค.  $3.30 \times 10^2$  ส่วนในพันล้านส่วน
  - ง.  $3.0 \times 10^3$  ส่วนในพันล้านส่วน

4. ข้อใดต่อไปนี้มีค่าความเข้มข้นของกลีเซอรินในไบโอดีเซลในหน่วยส่วน  
ในพันล้านส่วน มากที่สุด (ด้านการประเมินค่า)

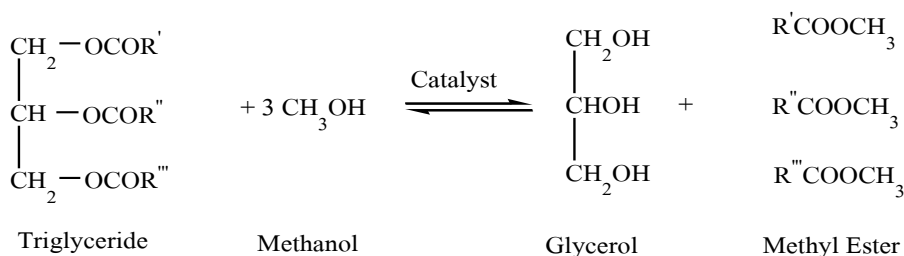
ก. ไบโอดีเซล 150 มิลลิลิตร มีกลีเซอริน 20 มิลลิลิตร

ข. ไบโอดีเซล 300 มิลลิลิตร มีกลีเซอริน 30 มิลลิลิตร

ค. ไบโอดีเซล 600 มิลลิลิตร มีกลีเซอริน 40 มิลลิลิตร

ง. ไบโอดีเซล 900 มิลลิลิตร มีกลีเซอริน 50 มิลลิลิตร

5. ปฏิกิริยาต่อไปนี้เป็นปฏิกิริยาชนิดใด (ด้านความรู้ความจำ)



ก. ปฏิกิริยาการเกิดเอทานอล

ข. ปฏิกิริยาการเกิดปิโตรเลียม

ค. ปฏิกิริยาการเกิดน้ำมันดีเซล

ง. ปฏิกิริยาทรานส์เอสเทอร์ิฟิเคชัน

6. ถ้ากรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.015 โมล ในสารละลาย 10 มิลลิลิตร

กรดไฮโดรคลอริกมีความเข้มข้นในหน่วยโมลต่อลิตร เท่ากับข้อใด

(ด้านการวิเคราะห์)

ก. 1.5 โมลต่อลิตร

ข. 2.5 โมลต่อลิตร

ค. 3.5 โมลต่อลิตร

ง. 4.5 โมลต่อลิตร

7. ถ้าโซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 53 กรัม ในสารละลาย 1 ลิตร โซเดียม

คาร์บอเนตมีความเข้มข้นในหน่วยโมลต่อลิตร เท่ากับข้อใด

(กำหนดให้ Na = 23, C = 12 และ O = 16) (ด้านการวิเคราะห์)

ก. 0.5 โมลต่อลิตร

ข. 1.5 โมลต่อลิตร

ค. 2.5 โมลต่อลิตร

ง. 3.5 โมลต่อลิตร

8. ข้อใดกล่าวถูกต้อง ในปัจจุบันมีการนำน้ำมัน B20 มาใช้กับรถเครื่องยนต์ดีเซล เกิดจากการผสมน้ำมันดีเซล 80% กับไบโอดีเซล 20% ถ้านักเรียนต้องการผลิตน้ำมัน B50 นักเรียนจะออกแบบการผลิตน้ำมัน B50 โดยมีส่วนผสมของน้ำมันชนิดใดบ้าง (ด้านความคิดสร้างสรรค์)
- น้ำมันดีเซล 50% ผสมไบโอดีเซล 50%
  - น้ำมันปาล์ม 50% ผสมไบโอดีเซล 50%
  - น้ำมันดีเซล 50% ผสมน้ำมันปาล์ม 50%
  - น้ำมันไบโอดีเซล 50% ผสมน้ำมันเบนซิน 50%
9. ข้อใดคือความหมายของไบโอดีเซล (ด้านความรู้ความจำ)
- น้ำมันที่ได้จากน้ำมันพืชผสมน้ำมันดีเซล มาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์
  - น้ำมันที่ได้จากไขมันสัตว์ผสมน้ำมันดีเซล มาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์
  - น้ำมันที่ได้จากพืชหรือไขมันสัตว์ มาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์
  - น้ำมันที่ได้จากไขมันสัตว์ผสมน้ำเบนซิน มาผ่านกระบวนการทางเคมีที่เรียกว่า ทรานส์เอสเทอร์ฟิเคชัน โดยทำปฏิกิริยากับแอลกอฮอล์
10. ข้อใดกล่าวถูกต้อง ถ้านักเรียนต้องการ ทอดไก่ ทอดปลา ให้กรอบควรรับประทานนักเรียนควรเลือกใช้น้ำมันชนิดใด เพื่อความปลอดภัยของคนในครอบครัว (ด้านการประยุกต์ใช้)
- ไบโอดีเซล
  - น้ำมันปาล์ม
  - น้ำมันมะกอก
  - น้ำมันข้าวโพด

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน)

เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง: ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียวแล้วทำเครื่องหมาย x ลงใน

กระดาษคำตอบ

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน)

1. ก

2. ข

3. ค

4. ก

5. ง

6. ก

7. ก

8. ก

9. ค

10. ข



แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง: การวัดความคิดสร้างสรรค์จะมี 2 กิจกรรม โดยนักเรียนมีอิสระในการคิด  
หาคำตอบ

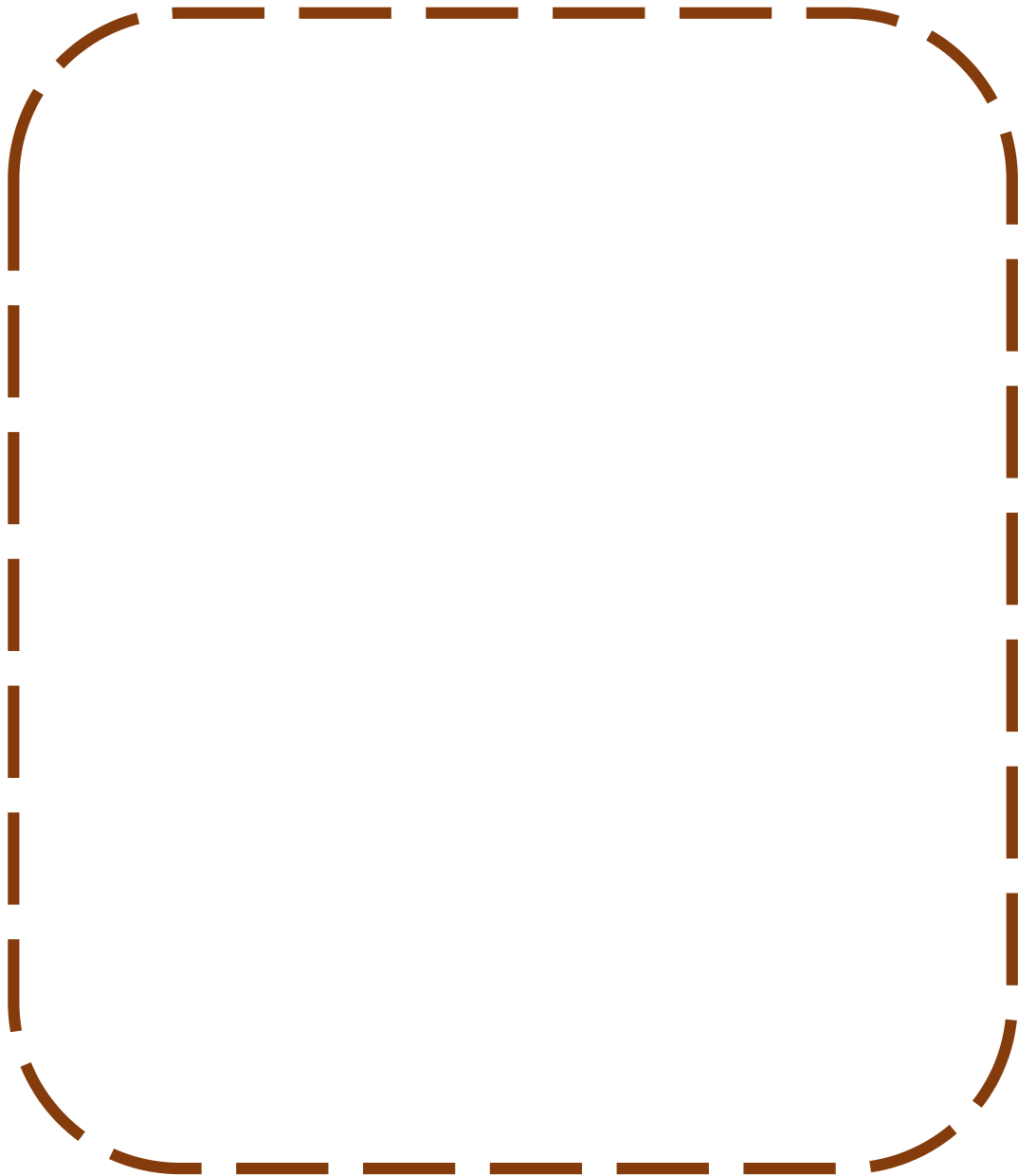
กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น  
และความคิดคล่องแคล่ว

โจทย์ ให้นักเรียนระบุพืชและตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที

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

กิจกรรมที่ 2 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม  
และความคิดละเอียดลออ

โจทย์ ให้นักเรียนคิดออกแบบ และวาดภาพบรรจุภัณฑ์ไปโอดีเซล ที่มีความแปลกใหม่ สีสันสวยงามมีรูปร่างที่ลักษณะที่น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร มีความทนทาน ไปโอดีเซลทนต่อการออกซิเดชัน และความชื้น โดยระบุให้ชัดเจน ใช้วัสดุใด วัสดุที่ใช้มีสมบัติอย่างไร และจะออกแบบให้ภาชนะนั้นมีรูปร่างลักษณะอย่างไร (ระบายสีให้สวยงาม) เวลา 10 นาที



เฉลยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (ก่อนเรียน-หลังเรียน)

เรื่อง ความเข้มข้นของสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง: นักเรียนมีอิสระในการคิดหาคำตอบ

**กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น  
และความคิดคล่องแคล่ว**

**โจทย์** ให้นักเรียนระบุพืชและตัวเร่งปฏิกิริยาที่สามารถนำมาผลิตไบโอดีเซลได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที

(คำตอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน)

**กิจกรรมที่ 2 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม  
และความคิดละเอียดลออ**

**โจทย์** ให้นักเรียนคิดออกแบบ และวาดภาพบรรจุภัณฑ์ไบโอดีเซล ที่มีความแปลกใหม่ สีสันสวยงามมีรูปร่างที่ลักษณะที่น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร มีความทนทาน ไบโอดีเซลทนต่อการออกซิเดชัน และความชื้น โดยระบุให้ชัดเจน ใช้วัสดุใด วัสดุที่ใช้มีสมบัติอย่างไร และจะออกแบบให้ภาชนะนั้นมีรูปร่างลักษณะอย่างไร (ระบายสีให้สวยงาม) เวลา 10 นาที

(คำตอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน)

### ใบประเมินความคิดสร้างสรรค์

คำชี้แจง: ให้ผู้สอนบันทึกคะแนนความคิดสร้างสรรค์จากการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละกิจกรรม

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ความคิดสร้างสรรค์				คะแนน รวม (10)	คิดเป็น ร้อยละ (100)
		ความคิด คล่อง (2.5)	ความคิด ยืดหยุ่น (2.5)	ความคิด ริเริ่ม (2.5)	ความคิด ละเอียดลออ (2.5)		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

### เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนด โดยทอแรนซ์ (Torrance, 2006) ซึ่งแต่ละรายการจะได้รับคะแนนสูงสุด 4 คะแนน ดังนี้

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนน	คำอธิบาย
ความคิดคล่องแคล่ว	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาคำตอบได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ 1-2 ข้อ
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ตั้งแต่ 3 ข้อ ขึ้นไป
ความคิดยืดหยุ่น	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาวิธีการได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 1-2 วิธี
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 3 วิธี ขึ้นไป
ความคิดริเริ่ม	0	นักเรียนไม่ตอบ/ตอบแนวคิดทั่วไป/ ตอบแนวคิดทั่วไปและไม่มีความคิดริเริ่ม
	2	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร ในระดับปานกลาง
	4	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร มีความคิดที่แปลกใหม่
ความคิดละเอียดลออ	0	ไม่มีการเติมแต่งความคิดจากนักเรียน
	2	มีการเพิ่มแนวคิดง่าย ๆ จากนักเรียน
	4	มีความคิดที่ไม่ธรรมดาจากนักเรียน

### ระดับความคิดสร้างสรรค์

เกณฑ์คะแนน	ระดับความคิดสร้างสรรค์
68-100	สร้างสรรค์มาก (ระดับสูง)
34-67	สร้างสรรค์ปานกลาง (ระดับปานกลาง)
0-33	สร้างสรรค์ต่ำ (ระดับต่ำ)

ที่มา: Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., Binti, N. D., & Alias, M. I. B.

(2020, p.755)

### แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

**คำชี้แจง:** ใช้ประเมินกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขณะปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งครูผู้สอนเป็นผู้สังเกตและประเมินโดยการทำเครื่องหมายถูก ( ) ในช่องที่ตรงกับระดับคุณภาพ  
ชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
10. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการปฏิบัติ	ระดับคุณภาพ			
	4	3	2	1
1. ทักษะการสังเกต				
2. ทักษะการทดลอง				
3. ทักษะการลงความเห็นข้อมูล				
4. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล				
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล				
<b>รวม</b>				
<b>เฉลี่ย</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
16-20	4
11-15	3
6-10	2
ต่ำกว่า 5	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

**เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์**

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. ทักษะการสังเกต	ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและบันทึกการสังเกตโดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกตได้ข้อมูลถูกต้องครบถ้วน	ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและบันทึกการสังเกตโดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกตได้ข้อมูลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและบันทึกการสังเกตโดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกตได้ข้อมูลถูกต้องบางส่วน	ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและบันทึกการสังเกตโดยใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกตได้ข้อมูลถูกต้องบางส่วน
2. ทักษะการทดลอง	กำหนดวิธีการอุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้องเหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีทุกครั้งทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา ทุกครั้งบันทึกผลคล่องแคล่ว ถูกต้องและออกแบบตารางบันทึกผลที่เหมาะสมกับข้อมูลทุกครั้ง	กำหนดวิธีการอุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้องเหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีบ่อยครั้งทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา บันทึกผลคล่องแคล่ว ถูกต้องและออกแบบตารางบันทึกผลที่เหมาะสมกับข้อมูลบ่อยครั้ง	กำหนดวิธีการอุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้องเหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีบางครั้งทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา บางครั้ง บันทึกผลคล่องแคล่ว ถูกต้องและออกแบบตารางบันทึกผลที่เหมาะสมกับข้อมูลเป็นบางครั้ง	กำหนดวิธีการอุปกรณ์ สารเคมี ไม่ถูกต้อง ไม่เหมาะสม และใช้อย่างไม่ถูกวิธีทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่ทันเวลา บันทึกผลไม่คล่องแคล่ว ไม่ค่อยถูกต้อง และออกแบบตารางบันทึกผลไม่เหมาะสมกับข้อมูล

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
3. ทักษะการ ลงความเห็น ข้อมูล	รวบรวมข้อมูลที่ได้ จากการสังเกตอย่าง เป็นระบบ สามารถอธิบาย เกี่ยวกับข้อมูลที่ รวบรวมมาได้ดีมาก ยอมรับการ เปลี่ยนแปลง การลงความคิดเห็น เมื่อมีข้อมูลเพิ่มเติม	รวบรวมข้อมูลจาก การสังเกตได้ สามารถอธิบาย เกี่ยวกับข้อมูลที่ รวบรวมมาได้ดี ยอมรับการ เปลี่ยนแปลงการลง ความคิดเห็นเมื่อมี ข้อมูลเพิ่มเติม พอสมควร	รวบรวมข้อมูลจาก การสังเกตได้ สามารถอธิบาย เกี่ยวกับข้อมูลที่ รวบรวมมาได้พอใช้ เปลี่ยนแปลงการลง ความคิดเห็นเมื่อมี ข้อมูลเพิ่มเติม บางส่วน	รวบรวมข้อมูลที่ได้ จากการสังเกตได้ เล็กน้อยสามารถ อธิบายเกี่ยวกับ ข้อมูลที่รวบรวมมา ได้น้อยยอมรับการ เปลี่ยนแปลงการ ลงความคิดเห็น เมื่อมีข้อมูล เพิ่มเติมบางส่วน
4. ทักษะการ จัดกระทำ และสื่อ ความหมาย ข้อมูล	เลือกรูปแบบที่ จะใช้ในการเสนอ ข้อมูลได้ อย่าง เหมาะสมออกแบบ การเสนอข้อมูลให้ อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจ ดีขึ้นได้ บรรยาย ลักษณะของสิ่งใดสิ่ง หนึ่งด้วยข้อความที่ เหมาะสม กะทัดรัด จนสื่อความหมายให้ ผู้อื่นเข้าใจได้ดี	เลือกรูปแบบที่จะใช้ ในการเสนอข้อมูลได้ อย่างเหมาะสม ออกแบบการเสนอ ข้อมูลให้อยู่ในรูป ใหม่ ที่เข้าใจดีขึ้นได้ บรรยายลักษณะ ของ สิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วย ข้อความที่ เหมาะสม กะทัดรัด จนสื่อ ความหมาย ให้ผู้อื่น เข้าใจได้ พอสมควร	เลือกรูปแบบที่จะใช้ ในการเสนอข้อมูลได้ ออกแบบการเสนอ ข้อมูลให้เข้าใจได้ พอสมควรบรรยาย ลักษณะของสิ่งใด สิ่งหนึ่งให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้น้อย	เลือกรูปแบบที่จะ ใช้ในการเสนอ ข้อมูลได้อย่าง เหมาะสมออกแบบ การเสนอข้อมูลให้ เข้าใจไม่ได้บรรยาย ลักษณะของสิ่งใดสิ่ง หนึ่งให้ผู้อื่นเข้าใจ ไม่ได้
5. ทักษะการ ตีความหมาย ข้อมูลและการ ลงข้อมูล	แปลความหมาย ถูกต้อง และ สรุปผลสอดคล้อง กับข้อมูล	แปลความหมาย ถูกต้อง แต่สรุปผล ไม่สอดคล้องกับ ข้อมูล	แปลความหมาย ถูกต้องเป็นบางส่วน แต่สรุปผลไม่ สอดคล้องกับข้อมูล	แปลความหมาย ไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่สรุปผล



### แบบประเมินชิ้นงาน

คำชี้แจง: ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนแล้วทำเครื่องหมายถูก ( )

ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
10. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. รูปแบบชิ้นงานตรงตามที่ออกแบบไว้				
2. คุณสมบัติของไบโอดีเซล				
3. มีความคิดริเริ่ม				
4. ปริมาณไบโอดีเซล				
5. ทำงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด				
<b>รวม</b>				
<b>เฉลี่ย</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
16-20	4
11-15	3
6-10	2
ต่ำกว่า 5	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

## เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. รูปแบบชิ้นงานตรงตามที่ออกแบบไว้	รูปแบบมีความชัดเจนดีมาก และสามารถนำเหตุผลมาสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างชัดเจน	รูปแบบมีความชัดเจน และสามารถนำเหตุผลมาสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างชัดเจน	รูปแบบมีความชัดเจนแต่ไม่สามารถนำเหตุผลมาสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างชัดเจน	รูปแบบไม่มีความชัดเจนและยังไม่สามารถนำเหตุผลมาสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างชัดเจน
2. คุณสมบัติของไบโอดีเซล	ชิ้นงานที่ทำการผลิตขึ้น สีและความหนืดผ่านเกณฑ์มาตรฐานยุโรปและสหรัฐอเมริกา	ชิ้นงานที่ทำการผลิตขึ้น สีและความหนืดผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชน	ชิ้นงานที่ทำการผลิตขึ้น สีของไบโอดีเซลผ่าน แต่ความหนืดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชน	ชิ้นงานที่ทำการผลิตขึ้น สีและความหนืดไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานชุมชน
3. มีความคิดริเริ่ม	ใช้จินตนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ในการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานได้ดีมาก จากแนวคิดต้นแบบ พร้อมมีการให้อ้างอิงกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง	ใช้จินตนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ในการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานได้ดีจากแนวคิดต้นแบบ พร้อมมีการให้อ้างอิงกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง	มีการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้นจากแนวคิดต้นแบบ พร้อมมีการให้อ้างอิงกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง	ค้นหาแนวคิดจากแหล่งต่าง ๆ และมีการอ้างอิงกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง แต่ไม่มีการพัฒนาและปรับปรุงแนวคิดจากต้นแบบ
4. ปริมาณไบโอดีเซล	มีปริมาณไบโอดีเซลมากที่สุดและมีราคาต้นทุนการผลิตน้อยที่น้อย	มีปริมาณไบโอดีเซลมากและมีราคาต้นทุนการผลิตน้อย	มีปริมาณไบโอดีเซลมากและมีราคาต้นทุนการผลิตมาก	มีปริมาณไบโอดีเซลน้อยและมีราคาต้นทุนการผลิตมาก
5. ทำงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด	เสร็จตามเวลาที่กำหนด	เสร็จช้ากว่า 2 นาที	เสร็จช้ากว่า 5 นาที	เสร็จช้ากว่า 10 นาที

### แบบประเมินการนำเสนอ

คำชี้แจง: ให้ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วทำเครื่องหมายถูก ( )

ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
10. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. บุคลิก การแต่งกาย				
2. มารยาทในการพูด				
3. การใช้ภาษา				
4. วิธีการนำเสนอ				
5. เนื้อหาที่นำเสนอ				
<b>คะแนนรวม</b>				
<b>ระดับคุณภาพ</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
16-20	4
11-15	3
6-15	2
ต่ำกว่า 5	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

## เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. บุคลิก การแต่งกาย	มีความมั่นใจ ในตนเอง แต่งกายถูก ระเบียบ สะอาด เรียบร้อยอย่างดี	มีความมั่นใจ ในตนเอง แต่งกายถูก ระเบียบ สะอาด เรียบร้อย	มีความมั่นใจ ในตนเอง แต่งกาย ไม่ถูกระเบียบ	ไม่มีความมั่นใจ ในตนเอง และ แต่งกายไม่ถูก ระเบียบ
2. มารยาท ในการพูด	มองหน้าและ สบตาผู้ฟัง ไม่เหินแสม เสียดสีผู้อื่น	มองหน้าและ สบตาผู้ฟัง	เขินอายไม่ค่อย กล้ามองหน้า และสบตาผู้ฟัง	ไม่มองหน้าและ สบตาผู้ฟัง อาย พูดไม่ได้
3. การใช้ภาษา	พูดชัดเจน ตามหลักภาษา ตัว ว ร ล คำควบกล้ำ ใช้ถ้อยคำ ข้อความสุภาพ และถูกต้อง	พูดชัดเจน ตามหลักภาษา ตัว ว ร ล คำควบกล้ำ ใช้ถ้อยคำ ข้อความสุภาพ	มีบางครั้งที่พูด ไม่ชัดเจน ตาม หลักภาษา ตัว ว ร ล คำควบกล้ำ ใช้ถ้อยคำ ข้อความสุภาพ	พูดไม่ชัดเจน ตามหลักภาษา ตัว ว ร ล คำควบกล้ำ ใช้ถ้อยคำ ข้อความที่ ไม่สุภาพ
4. วิธีการนำเสนอ	มีวิธีการนำเสนอ ที่หลากหลาย เช่น ใช้ท่าทาง ประกอบ รูปภาพ ตั้งคำถาม เล่นเกม	มีวิธีการนำเสนอ ที่หลากหลาย เช่น ใช้ท่าทาง ประกอบ รูปภาพ	วิธีการนำเสนอ ไม่ค่อยน่าสนใจ หลากหลาย	ไม่มีวิธีการ นำเสนอเลย ท่องตามที่ เขียนมา เท่านั้น
5. เนื้อหาที่นำเสนอ	เนื้อหาที่น่าสนใจ มีสาระสำคัญ ตรงกับหัวข้อ ประเด็นที่ กำหนด พร้อม เรียบเรียงเนื้อหา เป็นลำดับ	เนื้อหาที่น่าสนใจ มีสาระสำคัญ ตรงกับหัวข้อ ประเด็นที่ กำหนด	มีเนื้อ สาระสำคัญ บางส่วนไม่ตรง กับหัวข้อ ประเด็น	ไม่มีเนื้อหา สาระสำคัญ ตรงกับหัวข้อ เรื่อง

แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะสำคัญของนักเรียน

คำชี้แจง: ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียนแล้ว

ทำเครื่องหมายถูก ( ) ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ข้อการประเมิน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1. มีวินัย รับผิดชอบ	1.1 ปฏิบัติตนตาม ข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของโรงเรียนและสังคม ไม่ละเมิดสิทธิ ของผู้อื่น			
	1.2 มีความตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ			
2. มีความซื่อสัตย์ สุจริต	2.1 ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง			
	2.2 ปฏิบัติตนต่อผู้อื่นด้วยความซื่อตรง			
3. มุ่งมั่นในการ ทำงาน	3.1 เอาใจใส่ต่อการ ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย			
	3.2 ตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ			
4. ใฝ่เรียนรู้	4.1 ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความ เพียรพยายาม ในการเรียนรู้			
	4.2 สนใจเข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ			
5. มีจิตสาธารณะ	5.1 รู้จักทำงานให้ผู้อื่นด้วยกำลังกาย กำลังใจ และกำลังสติปัญญาด้วยความสมัครใจ			
	5.2 ช่วยเพื่อนล้างอุปกรณ์ พร้อมเก็บอุปกรณ์ให้ เรียบร้อย			
6. ความสามารถ ในการสื่อสาร	6.1 มีความสามารถในการนำเสนอผลงาน			
	6.2 มีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ ความคิด ความเข้าใจของตนเอง โดยใช้ภาษาอย่างเหมาะสม			
7. ความสามารถ ในการคิด	7.1 มีทักษะในการคิดนอกกรอบอย่างสร้างสรรค์			
	7.2 ตัดสินใจแก้ปัญหาเกี่ยวกับตนเองได้			
8. ความสามารถ ในการแก้ปัญหา	8.1 สามารถแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้			
	8.2 ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา			

ข้อการประเมิน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
9. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	9.1 สามารถทำงานกลุ่มร่วมกับผู้อื่นได้			
	9.2 นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน			
10. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	10.1 มีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี			
	10.2 ใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์			
<b>รวม</b>				
<b>ระดับคุณภาพ</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน  
(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

#### เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้ 3 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้ 2 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้ 1 คะแนน

#### เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
46-60	ดีมาก
31-45	ดี
16-30	พอใช้
ต่ำกว่า 15	ปรับปรุง

**บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้**

**สรุปผลการจัดการเรียนรู้**

1. นักเรียนจำนวน.....คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คนคิดเป็นร้อยละ.....

ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คน คิดเป็นร้อยละ.....

ได้แก่

1. ....

2. ....

**ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข**

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

**ข้อเสนอแนะ**

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

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

**ความเห็นของหัวหน้าสถานศึกษา/ผู้ที่ได้รับมอบหมาย**

ได้ทำการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ของ.....  
แล้วมีความคิดเห็นดังนี้

1. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่

- ดีมาก
- ดี
- พอใช้
- ควรปรับปรุง

2. การจัดกิจกรรมได้นำเอากระบวนการเรียนรู้

- เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมาใช้ในการสอนได้อย่างเหมาะสม
- ยังไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป

3. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่

- นำไปใช้ได้จริง
- ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้

4. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล)

ตำแหน่ง อาจารย์



5. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้บริหารสถานศึกษา

(.....)

ตำแหน่ง.....

### เอกสารอ้างอิง

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. เข้าได้จาก [https://drive.google.com/file/d/1F4\\_wAe-ZF13-WhvnEAupXNiWchvpcQKW/view](https://drive.google.com/file/d/1F4_wAe-ZF13-WhvnEAupXNiWchvpcQKW/view). 10 มีนาคม 2563.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. เข้าได้จาก [https://drive.google.com/file/d/1\\_ALwE9xuCL3Fjet3Xl4gYjBj8p\\_1zLaA/view](https://drive.google.com/file/d/1_ALwE9xuCL3Fjet3Xl4gYjBj8p_1zLaA/view). 10 มีนาคม 2563.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551, เข้าได้จาก <https://drive.google.com/file/d/0B9t56k6dmUe5dnpJVmlyuHUyeXM/view>. 10 มีนาคม 2563.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย(2550) กำหนดลักษณะและคุณภาพของไบโอดีเซลประเภทเมทิลเอสเทอร์ของกรดไขมัน พุทธศักราช 2550 ประกาศกรมธุรกิจพลังงาน. เข้าได้จาก <https://www.tistr.or.th/tistrnew/main/index.php>. 10 มีนาคม 2563.
- Ocare. (2019). ไหม้นดี VS ไหม้นเลว. เข้าได้จาก <https://www.ocare.co.th/blog>. 10 มีนาคม 2563.

### แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3

สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม	รายวิชา เคมี	รหัสวิชา ว 31212
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	ภาคเรียนที่ 2	ปีการศึกษา 2563
หน่วยการเรียนรู้ที่ 5	เรื่อง สารละลาย	เวลา 15 ชั่วโมง
เรื่อง การเตรียมสารละลาย		2 ชั่วโมง

#### 1. มาตรฐานการเรียนรู้/ผลการเรียนรู้

##### กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติม

##### สาระเคมี

**มาตรฐานการเรียนรู้ 3.** เข้าใจหลักการทำปฏิบัติการเคมี การวัดปริมาณสาร หน่วยวัดและการเปลี่ยนหน่วยการคำนวณปริมาณของสาร ความเข้มข้นของสารละลาย รวมทั้งการบูรณาการความรู้และทักษะในการอธิบายปรากฏการณ์ในชีวิตประจำวันและการแก้ปัญหาทางเคมี

##### ผลการเรียนรู้ ม.4/10 อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลาย

ให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด

##### กลุ่มสาระการเรียนรู้เทคโนโลยี

##### สาระเทคโนโลยี

**มาตรฐานการเรียนรู้ ว 4.2** เข้าใจและใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง อย่างเป็นขั้นตอนและเป็นระบบ ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารในการเรียนรู้ การทำงาน และการแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ รู้เท่าทัน และมีจริยธรรม

##### ตัวชี้วัด ว 4.2 ม.4/1 ประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงคำนวณในการพัฒนา

โครงการที่มีการบูรณาการกับวิชาอื่นอย่างสร้างสรรค์ และเชื่อมโยงกับชีวิตจริง

##### กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ

##### สาระทัศนศิลป์

**มาตรฐานการเรียนรู้ ศ 1.1** สร้างสรรค์งานทัศนศิลป์ตามจินตนาการ และความคิดสร้างสรรค์ วิเคราะห์ วิพากษ์ วิวิจารณ์คุณค่างานทัศนศิลป์ ถ่ายทอดความรู้สึก ความคิดต่องานศิลปะอย่างอิสระ ชื่นชม และประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน

**ตัวชี้วัด** ศ 1.1 ม.4-6/3 มีทักษะและเทคนิคในการใช้วัสดุอุปกรณ์ และกระบวนการที่สูงขึ้นในการสร้างงานทัศนศิลป์

### กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

#### สาระสถิติและความน่าจะเป็น

**มาตรฐานการเรียนรู้** ค 3.2 เข้าใจหลักการนับเบื้องต้น ความน่าจะเป็น และนำไปใช้

**ตัวชี้วัด** ค 3.2 ม.4/1 เข้าใจและใช้หลักการบวกและการคูณการเรียงสับเปลี่ยนและการจัดหมู่ในการแก้ปัญหา

**ตัวชี้วัด** ค 3.2 ม.4/2 หาความน่าจะเป็นและนำความรู้เกี่ยวกับความน่าจะเป็นไปใช้

## 2. สาระการเรียนรู้

การเตรียมสารละลายความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี

## 3. สาระสำคัญ

การเตรียมสารละลาย เป็นการนำตัวถูกละลายมาเติมตัวทำละลายให้ได้ปริมาตรและความเข้มข้นตามต้องการ และในการเตรียมต้องทราบ ความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลาย

เจลล้างมือแอลกอฮอล์ เป็นผลิตภัณฑ์ ทำความสะอาดมือแบบไม่ต้องล้างน้ำออก จัดเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางควบคุม มีส่วนประกอบสำคัญ คือ แอลกอฮอล์ (Alcohol) ในปริมาณไม่น้อยกว่าร้อยละ 70 อาจมีสารฆ่าเชื้อ เช่น ไตรโคลซาน สารที่ทำให้เกิดสภาพเจล เช่น Carbomer สารให้ความชุ่มชื้นลดการแห้งของผิว เช่น กลีเซอรอล

## 4. จุดประสงค์การเรียนรู้

### 4.1 ความรู้ (Knowledge)

4.1.2 อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด

## 4.2 ทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด (Process)

4.2.1 ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต

ทักษะการทดลอง ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย  
ข้อมูล และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล

4.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว

ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

## 4.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

4.3.1 มีความซื่อสัตย์สุจริต

4.3.2 มีวินัย

4.3.3 มุ่งมั่นในการทำงาน

4.3.4 ใฝ่เรียนรู้

4.3.5 มีจิตสาธารณะ

## 5. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

5.1 ความสามารถในการสื่อสาร

5.2 ความสามารถในการคิด

5.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา

5.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต

5.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

6. กรอบแนวความคิด



ภาพประกอบ 18 กรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

7. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนเรื่อง การเตรียมสารละลาย

1. ชั้นระบุปัญหา (ชั่วโมงที่ 1)

1.1 ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถามเกี่ยวกับโควิด-19 จากนั้นให้นักเรียนดูวิดีโอทัศน์ และศึกษาจากใบความรู้ที่ 1 โควิด-19

<https://www.youtube.com/watch?v=BxWhmbxdGOY> (6.13 นาที)

- โคโรนา-19 คืออะไร

(แนวคำตอบ: ไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (Covid-19) คือสายพันธุ์ไวรัสที่ติดต่อกันในมนุษย์ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2019 ผู้เชี่ยวชาญด้านสาธารณสุข มีความกังวล เพราะยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับไวรัสชนิดใหม่นี้เท่าไร และมีความเป็นไปได้ว่าไวรัสจะก่อให้เกิด อาการป่วยรุนแรงและโรคปอดบวมในมนุษย์บางส่วน)

- อาการมีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ: บุคคลที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ได้แจ้งว่า มีอาการที่อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ 2-14 หลังสัมผัสกับไวรัส เช่น มีไข้ ไอ ไม่รู้รสชาติ และหายใจลำบาก)

- การป้องกันไวรัสโคโรนาอย่างไร

(แนวคำตอบ: 1. เลี่ยงการใกล้ชิดกับผู้ป่วยที่มีอาการไอ จาม น้ำมูกไหล เหนื่อยหอบ เจ็บคอ 2. ควรล้างมือให้สม่ำเสมอด้วยสบู่ หรือแอลกอฮอล์เจลอย่างน้อย 20 วินาที)

1.2 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแอลกอฮอล์

- แอลกอฮอล์ คืออะไร

(แนวคำตอบ: เป็นสารชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นสารต้านเชื้อจุลินทรีย์ (Antimicrobial Agent) โดยสามารถฆ่า (Microbicide) หรือหยุดยั้งการเจริญเติบโต (Microbiostasis) ของเชื้อได้ แอลกอฮอล์มีสามารถกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ได้หลากหลาย (Disinfectant) และไม่จำเป็นเจาะจง ใช้กำจัดเชื้อจุลินทรีย์บนพื้นผิวสิ่งของต่าง ๆ ที่ไม่มีชีวิต เพื่อยับยั้งการแพร่กระจายของเชื้อ)

- แอลกอฮอล์สามารถทำอะไรได้บ้าง

(แนวคำตอบ: 1. สเปรย์เช็ดกระจกหน้าต่าง 2. สเปรย์เช็ดกระจกเงา 3. ทำความสะอาดโซฟา 4. ทิชชูเปียกอเนกประสงค์ 5. น้ำยาทำความสะอาดรถ 6. สเปรย์กำจัดเชื้อรา 8. น้ำยาฆ่าเชื้อบนแปรงสีฟัน 9. เจลล้างมือแอลกอฮอล์)

1.3 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเจลล้างมือแอลกอฮอล์

ว่าสามารถผลิตได้อย่างไร โดยครูเปิดวีดิทัศน์เกี่ยวกับการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

<https://www.youtube.com/watch?v=1h-HMumFzRY> (3.22 นาที)

- ส่วนผสมของเจลล้างมือแอลกอฮอล์มีอะไรบ้าง

(แนวคำตอบ: 1. เอทิลแอลกอฮอล์ 95% 2. น้ำสะอาด 3. กลีเซอริน

4. คาร์โบพอล 5. ไตรเอทานอลามีน)

1.4 ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับคุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้

- คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ แบบไหนที่เหมาะสมในการนำไปใช้

(แนวคำตอบ: 1. การทดสอบสีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์

โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า ซึ่งปกติเจลล้างมือแอลกอฮอล์ จะใสไม่มีสีไม่มีตะกอน



2. การทดสอบค่า pH โดยใช้กระดาษลิตมัส โดยทั่วไป

จะมีค่าประมาณ 6-7

3. การทดสอบความหนืดของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ 3-5 นาที ปริมาตร

2 มิลลิลิตร เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย ปีเปตขนาด 10 cm<sup>3</sup> และนาฬิกาจับเวลา

1.5 ครูสร้างสถานการณ์เกี่ยวกับการขาดแคลนเจลล้างมือแอลกอฮอล์

แล้วสมมติสถานการณ์ปัญหาเพื่อให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาตามเงื่อนไข สถานการณ์ ดังนี้

“ปัจจุบัน Covid-19 กำลังแพร่ระบาดทั่วโลก ในการยับยั้งเชื้อ Covid-19 ประชาชนต้องหมั่นล้างมือด้วยแอลกอฮอล์บ่อย ๆ กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ไม่ทันต่อความต้องการของประชาชน ถ้านักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์หรือนักวิจัย ที่ต้องการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ซึ่งสามารถฆ่าเชื้อ Covid-19 ได้ เพื่อให้ประชาชนบนโลกลดการติดเชื้อ Covid-19 นักเรียนจะมี



## วิธีการออกแบบการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์อย่างไร และใช้ประมาณในการผลิตน้อยที่สุด”

1.6 ครูอธิบายเงื่อนไขในการออกแบบและการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ดังนี้

- สีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า จะใสไม่มีสี ไม่มีตะกอน
- ความหนืดของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ 3-5 นาที ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย ปีเปตขนาด 10 cm<sup>3</sup> และนาฬิกาจับเวลา
- ใช้ประมาณในผลิตน้อยที่สุด

1.7 ครูนำเข้าสู่กิจกรรมการทดลองเพื่อผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์โดยครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 8-10 คน แต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ที่ 1-4 และศึกษาการทดลองในใบกิจกรรมที่ 1-3

### 2. ขั้นรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

2.1 ครูให้ตัวแทนกลุ่มนักเรียนมารับอุปกรณ์การทดลอง นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการเตรียมสารละลายความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ในหน่วยโมลาริตี ครูอธิบายให้นักเรียนเข้าใจสมบัติของแอลกอฮอล์ ที่มีผลต่อการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ดังนั้นการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ นักเรียนจะต้องศึกษาปัจจัยต่าง ๆ โดยการทำการกิจกรรมต่อไปนี้

#### กิจกรรมที่ 1 มหัตศจรรย์แอลกอฮอล์แปลงร่าง

- เตรียมสารละลายความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในหน่วยโมลาริตี

2.2 ครูอธิบายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง มหัตศจรรย์แอลกอฮอล์แปลงร่าง ซึ่งประกอบด้วยแอลกอฮอล์ น้ำกลั่น ปีกเกอร์ และขวดวัดปริมาตรขนาด 100 cm<sup>3</sup> นักเรียนพร้อมศึกษาเพิ่มเติมจากใบความรู้เรื่องที่ 2 การหาความเข้มข้นของสารละลายในหน่วยต่าง ๆ

2.3 นักเรียนทำการคำนวณหาความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 95%

โดยใช้สูตรเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นจากร้อยละ (%) เป็นโมลาริตี (M) บันทึกลงใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2.1

2.4 นักเรียนทำการเตรียมแอลกอฮอล์ในหน่วยโมลาริตี (M) ปริมาตร  $100\text{ cm}^3$  ที่ความเข้มข้น ดังนี้ 12.00 M 12.86 M และ 13.72 M โดยใช้สูตร  $C_1V_1 = C_2V_2$  จากนั้นทำการอธิบายขั้นตอนการเตรียมแอลกอฮอล์ในหน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ บันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 1 ข้อที่ 2.2

### กิจกรรมที่ 2 คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ในห้องตลาด

- ศึกษาลักษณะและคุณภาพเบื้องต้นของเจลล้างมือแอลกอฮอล์

ในห้องตลาด (สี ค่า pH ความหนืด)

2.5 ครูใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงความรู้ว่าสบู่เลมอนที่ดีควรมีคุณภาพอย่างไร (แนวคำตอบ: สีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ โดยการสังเกตด้วยตาเปล่า ซึ่งปกติเจลล้างมือแอลกอฮอล์จะไม่มีสีไม่มีตะกอน ค่า pH 6-7 ความหนืด 3-5 นาที เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย ปิเปต ขนาด  $10\text{ cm}^3$  และนาฬิกาจับเวลา)

2.6 ครูอธิบายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ซึ่งประกอบด้วยเจลล้างมือแอลกอฮอล์ กระจกปริซึม ปิเปต ขนาด  $10\text{ cm}^3$  และนาฬิกาจับเวลา นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมใบความรู้ เรื่องที่ 3 คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์

2.7 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตสี ทดสอบความหนืด และค่า pH จากนั้นบันทึกลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อ 2.1 และ 2.2

2.8 นักเรียนได้ทำการทดสอบคุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์เรียบร้อยแล้ว นักเรียนบันทึกทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ ลงในใบกิจกรรมที่ 2 ข้อ 2.3

2.9 ครูเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ 2 คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะและคุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ซึ่งในกิจกรรมนี้ศึกษาสี ความหนืด และค่า pH

### กิจกรรมที่ 3 การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์อย่างง่าย

- ผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

2.10 ครูอธิบายวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์อย่างง่าย ประกอบด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 68 กรัม น้ำสะอาด 28 กรัม กลีเซอริน 4 กรัม คาร์โบพอล 0.4 กรัม และไตรเอทานอลามีน ปริมาณ 2 หยด นักเรียนศึกษาเพิ่มเติมใบความรู้เรื่องที่ 4 การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

2.11 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเทน้ำสะอาดลงในภาชนะผสม แล้วค่อย ๆ เติมน้ำคาร์โบพอลลงไปละลายในน้ำที่ใส่น้อยจนหมด เทกลีเซอรินลงไปผสม คนให้เข้ากัน

เติมแอลกอฮอล์ลงไปผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน เติมไตรเอทานอลามีนเพื่อปรับความหนืดของเนื้อเจล โดยค่อย ๆ คนส่วนผสมทุกอย่างอย่างช้า ๆ จนเข้ากันดี ทำการวัด pH และสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสารละลายเมื่อผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกันเกิดการแยกชั้นหรือไม่อย่างไร จากนั้นบรรจุเจลล้างมือแอลกอฮอล์ลงในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท จากนั้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายและลงข้อสรุป พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองลงในใบบันทึกกิจกรรมที่ 3 ข้อ 2.1

2.12 ครูเชื่อมโยงความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมที่ 1-3 เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

### 3. ขั้นตอนแบบวิธีการแก้ปัญหา

**กิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์**

3.1 ครูทบทวนสถานการณ์ปัญหาในกิจกรรมอีกครั้ง นักเรียนจะต้องผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ซึ่งบประมาณในการผลิตน้อยสุด โดยเชื่อมโยงความรู้ที่นักเรียนได้รับจากการทำกิจกรรมที่ 1-3 กับการออกแบบการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ดังนี้

3.1.1 กิจกรรมที่ 1 มหัตถุรย์แอลกอฮอล์แปลงร่าง กิจกรรมนี้ ทำให้นักเรียนได้ทราบเกี่ยวกับ การเตรียมความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในหน่วยโมลาริตี (M)

3.1.2 กิจกรรมที่ 2 คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ในท้องตลาด กิจกรรมนี้ ทำให้นักเรียนได้ทราบเกี่ยวกับ คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ดี

3.1.3 กิจกรรมที่ 3 การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์อย่างง่าย กิจกรรมนี้ ทำให้นักเรียนได้ทราบเกี่ยวกับ การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์และมีความรู้ในการออกแบบการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

3.2 ครูนำเข้าสู่กิจกรรม โดยการตั้งคำถามและอภิปรายร่วมกันกับนักเรียน ถ้าต้องการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ นักเรียนจะใช้วัสดุอุปกรณ์ชนิดใด เพื่อทดแทนวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้ ภายในเวลา 3 นาที บันทึกลงในใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวะกร ข้อที่ 1

**(ความคิดยืดหยุ่นและความคิดคล่องแคล่ว)**

3.3 ครูอธิบายเงื่อนไขในการออกแบบและการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ดังนี้

- สีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ โดยการสังเกตรายตาเปล่า จะใสไม่มีสี ไม่มีตะกอน

- ความหนืดของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ 3-5 นาที ปริมาตร 2 มิลลิลิตร เครื่องมือที่ใช้ประกอบด้วย ปีเปตขนาด 10 cm<sup>3</sup> และนาฬิกาจับเวลา

- ใช้งบประมาณในผลิตน้อยที่สุด

หลังจากทุกกลุ่มได้รับวัสดุอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว จะเริ่มผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ โดยออกแบบขั้นตอนกระบวนการผลิต พร้อมทั้งวาดภาพระบายสี โดยมีระยะเวลา 30 นาที

3.4 ครูบอกนักเรียนแต่ละกลุ่มว่านักเรียนจะได้รับวัสดุอะไรบ้าง (น้ำสะอาด ก्लीเซอร์ีน คาร์โบพอล และไตรเอทาโนลามีน) โดยที่ไม่ต้องจ่ายเงินในการซื้อ

3.5 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดเพื่อออกแบบและการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่กำหนดให้ และเขียนเป็นภาพร่างออกแบบขั้นตอนกระบวนการผลิต และบรรจุภัณฑ์ ลงใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร ข้อที่ 2 และข้อที่ 3 (ความคิดริเริ่มและความคิดละเอียดลออ)

3.6 ให้นักเรียนผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ด้วยวัสดุที่จำกัด มีการกำหนดเงื่อนไขเกี่ยวกับต้นทุนของวัสดุที่ใช้ผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ โดยมีราคา ดังนี้

- ขวดบรรจุภัณฑ์ ขนาด 25 มิลลิลิตร	ราคา 2 บาท/ขวด
- ขวดบรรจุภัณฑ์ ขนาด 50 มิลลิลิตร	ราคา 3 บาท/ขวด
- ขวดบรรจุภัณฑ์ ขนาด 100 มิลลิลิตร	ราคา 4 บาท/ขวด
- สารละลายสีส้ม	ราคา 4 บาท/5 มิลลิลิตร
- สารละลายสีเหลือง	ราคา 4 บาท/5 มิลลิลิตร
- สารละลายสีฟ้า	ราคา 4 บาท/5 มิลลิลิตร
- แอลกอฮอล์	ราคา 5 บาท/100 มิลลิลิตร
- น้ำหอมกลิ่นเลมอน	ราคา 6 บาท/10 มิลลิลิตร

#### 4. ขั้นตอนวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา (ชั่วโมงที่ 2)

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ตามขั้นตอนที่ได้ร่วมกันออกแบบไว้

4.2 นักเรียนนำใบรายการวัสดุไปเลือกซื้อของ ตามที่ได้ออกแบบไว้ และลงมือผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ และบันทึกผลลงในใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร ข้อที่ 4

## 5. ขั้นตอนทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

5.1 ครูให้นักเรียนอธิบายสีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้พร้อมให้เหตุผลประกอบ ทำการทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ เช่น ลักษณะกลิ่น เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ระเหยเร็วหรือไม่ อย่างไร เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้มีความชุ่มชื้นหรือไม่ อย่างไร การทดสอบค่า pH และค่าความหนืด พร้อมทั้งสังเกตและบันทึกผลลงในใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวะกร ข้อที่ 5 (ครั้งที่ 1)

5.2 นักเรียนนำผลการทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้มาหาแนวทางในการปรับปรุงแก้ไขชิ้นงานให้ดีขึ้น จากนั้นลงมือปรับปรุงชิ้นงานแล้วนำไปทดสอบคุณภาพอีกครั้ง พร้อมทั้งสังเกตและบันทึกผลลงในใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวะกร ข้อที่ 5 (ครั้งที่ 2)

5.3 ครูให้นักเรียนแต่ละคนไหวตบบรรจุภัณฑ์เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ออกแบบ โดยมีเงื่อนไขว่าไม่ให้ลงคะแนนกลุ่มตนเอง

## 6. ขั้นนำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงาน พร้อมแนวคิดการออกแบบ และการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ อธิบายวัสดุต่าง ๆ ที่เลือกใช้ โดยอธิบายองค์ความรู้ที่นำมาใช้ในการออกแบบ และการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ พร้อมทั้งอธิบายแนวคิดในการปรับปรุงคุณภาพชิ้นงาน เช่น

- เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้นไม่มีสีไม่มีตะกอน หรือไม่อย่างไร เพราะเหตุใดจึงเกิดสีอย่างนั้น

- เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่นักเรียนผลิตขึ้นมีสมบัติที่ดี หรือไม่ สามารถนำไปใช้งานได้ หรือไม่ และใช้งบประมาณคุ้มค่า หรือไม่ เพราะเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

6.2 ครูและนักเรียนร่วมกันสรุป และอภิปรายเกี่ยวกับการนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

6.3 นักเรียนทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน เรื่อง การเตรียมสารละลาย

## 8. สื่อและแหล่งเรียนรู้

- 8.1 หนังสือเรียนรายวิชาเคมี เล่ม 2 ม.4
- 8.2 ใบความรู้เรื่องที่ 1 โคโรนา-19
- 8.3 ใบความรู้เรื่องที่ 2 การเตรียมสารละลายความเข้มข้นในหน่วยต่าง ๆ
- 8.4 ใบความรู้เรื่องที่ 3 คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์
- 8.5 ใบความรู้เรื่องที่ 4 การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์
- 8.6 ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 เรื่อง มหัศจรรย์แอลกอฮอล์แปลงร่าง
- 8.7 ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ในห้องตลาด
- 8.8 ใบบันทึกกิจกรรมที่ 3 การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์อย่างง่าย
- 8.9 ใบกิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตเจลล้างมือ

แอลกอฮอล์

- 8.10 แหล่งเรียนรู้
  - 8.10.1 ห้องเรียน/ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์
  - 8.10.2 อินเทอร์เน็ตและเว็บไซต์ในการสืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

## 9. การวัดและประเมินผล

รายการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือ	เกณฑ์การประเมิน
1. ด้านความรู้	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน)</li> <li>- ตรวจสอบบันทึกกิจกรรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน)</li> <li>- บันทึกกิจกรรม</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์</li> </ul>
2. ด้านทักษะกระบวนการ	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ตรวจสอบแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ (ก่อนเรียน-หลังเรียน)</li> <li>- ตรวจสอบชิ้นงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ (ก่อนเรียน-หลังเรียน)</li> <li>- แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของชิ้นงาน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ร้อยละ 80 ผ่านเกณฑ์</li> <li>- ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับ 2 ขึ้นไป</li> </ul>
3. ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน	<ul style="list-style-type: none"> <li>- สังเกตความซื่อสัตย์สุจริต มีวินัย มุ่งมั่นในการทำงาน ใฝ่เรียนรู้ มีจิตสาธารณะ และสมรรถนะที่สำคัญ 5 ประการ</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะสำคัญของผู้เรียน</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ผ่านเกณฑ์อยู่ในระดับคุณภาพ 2 ขึ้นไป</li> </ul>



□ ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดหลายทิศทาง คิดได้กว้างไกล นำไปสู่การค้นพบ สิ่งใหม่ ๆ ความสามารถพิเศษทางสมองของบุคคลที่สามารถคิดแปลกใหม่จากความคิดหรือการกระทำของคนอื่นอย่างที่ไม่คาดคิดมาก่อน และสามารถสร้างชิ้นงานแบบใหม่ได้



1. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบและเขียนคำตอบได้ โดยเป็นคำตอบที่แปลกใหม่ และคิดสิ่งที่ผิดแปลกไปจากที่ผู้อื่นคิด

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว และได้คำตอบมากที่สุดในเวลาที่กำหนด หรือเป็นคนที่มีความไวพริบดี

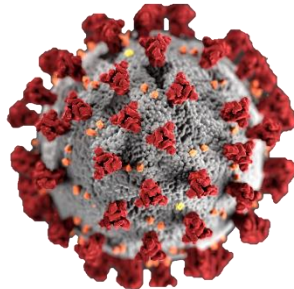
3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบได้หลายทิศทาง หลายแง่มุม หรือมองสถานการณ์ทุกอย่างได้หลายมิติ ทำให้สามารถคิดหาวิธีการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี



4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้ใช้ความคิดในการค้นหาคำตอบ สามารถคิดในรายละเอียดที่เป็นปลีกย่อยได้ดี เพื่อขยายหรือตกแต่งความคิดหลัก ให้ได้ความหมายที่สมบูรณ์ยิ่งขึ้น



## ใบความรู้ที่ 1 เรื่อง โควิด-19



ภาพประกอบ 19 ไวรัสโคโรนา

ที่มา: <https://www.gj.mahidol.ac.th/main/covid19/covid19is/>

### 1. โควิด-19 คืออะไร

ไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (Covid-19) คือสายพันธุ์ไวรัสที่ติดต่อได้ในมนุษย์ ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2019 ผู้เชี่ยวชาญด้านสาธารณสุข มีความกังวลเพราะยังไม่มีความรู้เกี่ยวกับไวรัสชนิดใหม่นี้เท่าไร และมีความเป็นไปได้ว่าไวรัสจะก่อให้เกิด อาการป่วยรุนแรง และโรคปอดบวมในมนุษย์บางส่วน)

### 2. อาการมีอะไรบ้าง

บุคคลที่ได้รับการวินิจฉัยว่ามีเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ได้แจ้งว่า มีอาการที่อาจเกิดขึ้นตั้งแต่ 2-14 หลังสัมผัสกับไวรัส เช่น มีไข้ ไอ ไม่รู้รสชาติ และหายใจลำบาก

### 3. การป้องกัน



เลี่ยงการใกล้ชิดกับผู้ป่วย  
ที่มีอาการไอ จาม  
น้ำมูกไหล เหนื่อยหอบ  
เจ็บคอ



เลี่ยงการเดินทางไปในพื้นที่  
เสี่ยงโดยเฉพาะเมืองอุฮั่นที่  
เป็นรังโรค และเมืองอื่น ๆ  
ในประเทศจีนที่มีการระบาด



ระวังการสัมผัสพื้นผิวที่  
ไม่สะอาด และอาจมี  
เชื้อโรคเกาะอยู่



ควรล้างมือให้ส่ำน้ำเสมอ  
ด้วยสบู่ หรือแอลกอฮอล์  
เจลอย่างน้อย 20 วินาที



งดจับตา จมูก ปาก  
ขณะที่ไม่ได้ล้างมือ



เลี่ยงการใกล้ชิด  
สัตว์เลี้ยงสัตว์ต่าง ๆ  
โดยที่ไม่มีกรป้องกัน



ทานอาหารสุก  
สะอาด ใช้ช้อนกลาง  
ไม่ทานอาหารที่ทำ  
จากสัตว์หายาก



สำหรับบุคลากรทางการแพทย์หรือผู้ที่ต้องดูแลผู้ป่วยที่ติดเชื้อ  
ไวรัสโคโรนา 2019 โดยตรง ควรใส่หน้ากากอนามัย หรือใส่  
แว่นตานิรภัย เพื่อป้องกันเชื้อในละอองฝอยจากเสมหะหรือสาร  
คัดหลังเข้าตา

## ใบความรู้ที่ 2

### เรื่อง การเตรียมสารละลายความเข้มข้นในหน่วยต่าง ๆ

#### สูตรการเตรียมสารละลายความเข้มข้นในหน่วยโมลาริตี

$$\text{มวล} = \frac{(\text{น้ำหนักโมเลกุล})(\text{ความเข้มข้นโมลาริตี})(\text{ปริมาตรที่ต้องการเตรียมสารละลาย})}{1000 \text{ mL}}$$

#### ตัวอย่าง

➤ เตรียม NaCl 0.40 mol/L ปริมาตร 100 mL นักเรียนจะมีวิธีการเตรียมอย่างไร

$$\begin{aligned} \text{มวล NaCl} &= \frac{(58.5 \text{ g/mol})(0.40 \text{ mol/L})(100 \text{ mL})}{1000 \text{ mL}} \\ &= 2.34 \text{ g NaCl} \end{aligned}$$

ดังนั้น การเตรียมสารละลายทำได้โดยชั่ง NaCl 2.34 กรัม แล้วละลายด้วยน้ำกลั่นในปิ๊กเกอร์ เทสารละลายใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL ชะปิ๊กเกอร์และแห้งแก้วคนด้วยน้ำกลั่น แล้วเทใส่ขวดที่กำหนดปริมาตร ปรับด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ปิดฝาทำการเชย้า

➤ ถ้าต้องการเตรียมสารละลายเลด(II)ไนเตรต ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) เข้มข้น 0.050 โมลต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากสารละลายเลด(II)ไนเตรต เข้มข้น 0.20 โมลต่อลิตร

คำนวณโดยใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

$$\begin{aligned} C_1V_1 &= C_2V_2 \\ &= \frac{(0.050 \text{ mol/L})(100 \text{ mL})}{0.20 \text{ mol/L}} \\ &= 25 \text{ mL} \end{aligned}$$

ดังนั้น ต้องใช้สารละลายเลด(II)ไนเตรต 0.2 โมลต่อลิตร ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร ปิดฝาทำการเชย้า

### ใบความรู้ที่ 3

#### เรื่อง คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์

##### 1. สีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์



ที่มา: <https://promotions.co.th>

❖ การสังเกตด้วยตาเปล่า จะใส่มิมีสีไม่มีตะกอน

##### 2. การทดสอบความหนืดของเจลล้างมือแอลกอฮอล์



❖ เจลแอลกอฮอล์ในห้องตลาด มีค่าความหนืด 3-5 นาที ปริมาตร 2 มิลลิลิตร

### 3. การทดสอบค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส



เทเจลล้างมือ  
แอลกอฮอล์  
ใส่ปิпетเตอร์



นำกระดาษลิตมัสจุ่ม  
ลงไป ในเจลล้างมือ  
แอลกอฮอล์



นำกระดาษลิตมัสที่จุ่มลงไป  
ในเจลแอลกอฮอล์ มาเทียบสี  
พร้อมอ่านค่า pH

### 4. การทดสอบกลิ่น การระเหย ความชุ่มชื้นของเจลล้างมือแอลกอฮอล์



ให้สมาชิกกลุ่มอื่น  
ทดลองใช้เจลล้างมือ  
แอลกอฮอล์



จากนั้นให้ผู้ทดลองใช้ เขียน  
ผลทดลองใช้แล้วส่งผลให้  
กลุ่มผลิต



กลุ่มที่ผลิตได้ผลจากผู้ทดลอง  
ใช้แล้ว ทำการปรับปรุงแก้ไข  
ให้ดีขึ้น

## ใบความรู้ที่ 4

### เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

“สูตรเจลล้างมือแอลกอฮอล์จากกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์” โดยสูตรนี้จะได้เจลล้างมือปริมาณ 500 กรัม ส่วนผสมและวิธีทำ ดังนี้

#### อุปกรณ์

- เอทิลแอลกอฮอล์ 95% ประมาณ 2 ใน 3 ส่วน หรือ 370 มิลลิลิตร
- น้ำต้มสุก 1 ใน 3 ส่วน หรือประมาณ 125.5 มิลลิลิตร
- กลีเซอริน 2.5 มิลลิลิตร
- คาร์โบพอล 940 ประมาณ 1 กรัม
- ไตรเอทาโนลามีน 1 กรัม

#### วิธีทำ

- ละลายผงคาร์โบพอลในน้ำต้มสุก คนจนเข้ากันดี จากนั้นตั้งพักไว้ ให้สารพองตัวเต็มที่
- ค่อย ๆ เติมส่วนผสมที่เหลือ โดยเริ่มจากแอลกอฮอล์ก่อน แล้วคนทุกอย่างให้เข้ากันดี

“องค์การเภสัชกรรม” แจกสูตรเจลล้างมือแอลกอฮอล์ขนาด 100 กรัม สำหรับประชาชนทั่วไป โดยมีรายละเอียด ดังนี้

#### อุปกรณ์

1. เอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 68 กรัม
2. น้ำสะอาด 28 กรัม
3. กลีเซอริน 4 กรัม
4. คาร์โบพอล 0.4 กรัม
5. ต่างไตรเอทาโนลามีน

ปริมาณ 2 หยด

#### วิธีทำ

1. เทน้ำสะอาดลงในภาชนะผสม แล้วค่อย ๆ โรยผงคาร์โบพอลลงไปละลายในน้ำที่ละน้อย จนหมด เทกลีเซอรินลงไปผสม คนให้เข้ากัน เติมแอลกอฮอล์ลงไปผสมจนเป็นเนื้อเดียวกัน

2. เติมต่างไตรเอทาโนลามีนเพื่อปรับความหนืดของเนื้อเจล โดยค่อย ๆ คนส่วนผสมทุกอย่างอย่างช้า ๆ จนเข้ากันดี

3. บรรจุแอลกอฮอล์เจลลงในภาชนะที่มีฝาปิดสนิท แล้วนำไปใช้ได้ทันที

“กรมควบคุมโรค” แจกสูตรการทำเจลล้างมือแอลกอฮอล์ สำหรับประชาชนทั่วไป ทำง่าย ๆ ตามนี้

#### อุปกรณ์

1. เอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 340 กรัม
2. น้ำสะอาด 140 กรัม
3. โพรพิลีน ไกลคอล 20 กรัม
4. คาร์โบพอล 2 กรัม
5. ต่างไตรเอทาโนลามีน ปริมาณ 10 หยด

#### วิธีทำ

1. เทน้ำสะอาดลงในภาชนะผสม เติมผงคาร์โบพอล 2 กรัม ลงไป
2. เติมโพรพิลีน ไกลคอลลงไป ผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน
3. เทแอลกอฮอล์ลงไปผสม คนให้เป็นเนื้อเดียวกัน
4. เติมไตรเอทาโนลามีน 10 หยด เพื่อปรับความหนืดของเจล จากนั้นคนให้ทุกอย่างเข้ากันดี จนได้เนื้อเจล
5. บรรจุเจลล้างมือแอลกอฮอล์ลงในขวดที่เตรียมไว้ ปิดฝาให้สนิท แล้วใช้ได้ทันที

“องค์การอาหารและยา (อย.)” เจลแอลกอฮอล์สูตรนี้เป็นการดัดแปลงจากสูตร เจลล้างมือขององค์การอนามัยโลก

#### อุปกรณ์

1. เอทิลแอลกอฮอล์ 95% ปริมาณ 833.3 มิลลิลิตร
2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 3% ปริมาณ 41.7 มิลลิลิตร
3. กลีเซอริน 14.5 มิลลิลิตร
4. น้ำต้มสุก
5. ภาชนะความจุ 1,000 มิลลิลิตร

#### วิธีทำ

1. เทเอทิลแอลกอฮอล์ลงในภาชนะบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร
2. เทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ตามลงไป
3. เติมกลีเซอรินลงไป
4. เทน้ำต้มสุกที่เย็นแล้วตามลงไป จนเต็มปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร
5. คนส่วนผสมทุกอย่างให้เข้ากันดี
6. บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ที่เตรียมไว้

“องค์การอนามัยโลก” เป็นสูตรสำหรับคนที่หาเอทิลแอลกอฮอล์ไม่ได้

### อุปกรณ์

1. ไอโซโพรพิลแอลกอฮอล์ 75% ปริมาณ 751.5 มิลลิลิตร
2. ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ความเข้มข้น 3% ปริมาณ 41.7 มิลลิลิตร
3. กลีเซอริน 14.5 มิลลิลิตร
4. น้ำต้มสุก
5. ภาชนะความจุ 1,000 มิลลิลิตร

### วิธีทำ

1. เทแอลกอฮอล์ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ และกลีเซอริน ลงในภาชนะบรรจุ 1,000 มิลลิลิตร
2. เติมน้ำต้มสุกที่เย็นแล้วตามลงไปจนเต็มปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร
3. คนทุกอย่างให้เข้ากันดี บรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ที่เตรียมไว้



ที่มา: <https://www.mhesi.go.th/home/index.php/pr/all-media/55-covid-19/covid-km/1316-2020-04-05-02-46-06>



ที่มา: <https://store.minimore.com/vithita/items/pangpond-hand-gel>



## กิจกรรมฝึกความคิดสร้างสรรค์ ที่ 1 เรื่อง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

### 1. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### 1.1 ความรู้ (Knowledge)

1.1.2 อธิบายวิธีการ และเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้น  
ในหน่วยโมลาริตี และปริมาตรสารละลายตามที่กำหนด

#### 1.2 ทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด (Process)

1.2.1 ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ทักษะการสังเกต  
ทักษะการทดลอง ทักษะการลงความเห็นข้อมูล ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมาย  
ข้อมูล และทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล

1.2.2 ความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว  
ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดลออ

#### 1.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (Attitude)

- 1.3.1 มีความซื่อสัตย์สุจริต
- 1.3.2 มีวินัย
- 1.3.3 มุ่งมั่นในการทำงาน
- 1.3.4 ใฝ่เรียนรู้
- 1.3.5 มีจิตสาธารณะ

### 2. สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

- 2.1 ความสามารถในการสื่อสาร
- 2.2 ความสามารถในการคิด
- 2.3 ความสามารถในการแก้ปัญหา
- 2.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต
- 2.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี

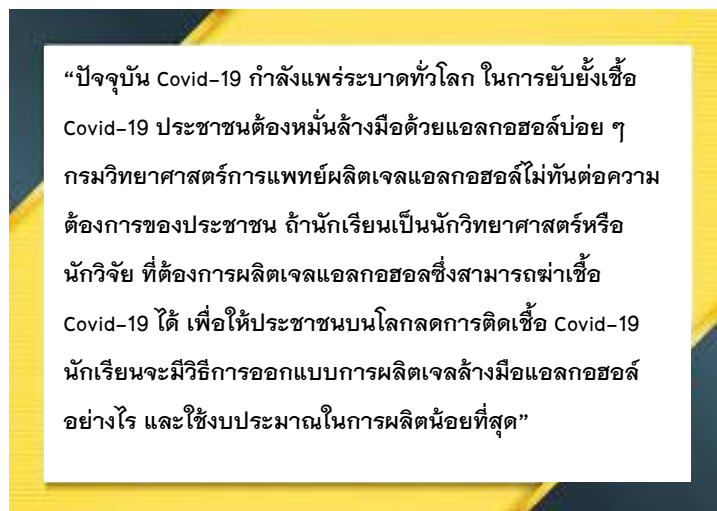
## 3. วัสดุอุปกรณ์

ลำดับ	รายการ	จำนวนต่อ กลุ่ม
1	บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100 cm <sup>3</sup> และ 250 cm <sup>3</sup>	1 ใบ
2	กระบอกตวง (Cylinder) ขนาด 100 cm <sup>3</sup>	1 อัน
3	ขวดพลาสติก	1 ขวด
4	ปิเปต (Pipet) ขนาด 10 cm <sup>3</sup> พร้อมลูกยาง (Pipet Bulb)	1 ชุด
5	หลอดหยด (Dropper)	1 อัน
6	เอทิลแอลกอฮอล์ 95%	1 ลิตร
7	น้ำต้มสุก	1 ลิตร
8	กลีเซอริน	10 ml
9	Carbopol 940	5 กรัม
10	Triethanolamine 99% (TEA)	5 กรัม

## ตอนที่ 1 สงสัยใคร่รู้

## ชั่วโมงที่ 1

- ให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้ และระบุปัญหาที่พบจากสถานการณ์



### ปัญหาที่พบจากสถานการณ์ ได้แก่

- 1.....
- 2.....
- 3.....
- 4.....
- 5.....

## ตอนที่ 2 คำนวณแรงเสาะหา

### ใบบันทึกกิจกรรมที่ 1 มหัศจรรย์แอลกอฮอล์แปลงร่าง

#### 1. จุดประสงค์

1.1 นักเรียนสามารถวัดความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในหน่วยร้อยละโดยปริมาตร เปลี่ยนเป็นโมลาริตี

1.2 นักเรียนสามารถเตรียมความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ในหน่วยโมลาริตี

#### 2. คำสั่ง ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมดังต่อไปนี้

2.1 นักเรียนทำการคำนวณหาความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 95 % โดยใช้สูตรเปลี่ยนหน่วยความเข้มข้นจากร้อยละ (%) เป็นโมลาริตี (M) ดังนี้

$$C = \frac{10\%D}{MW}$$

.....

.....

.....

.....

ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 95% เท่ากับ .....M

2.2 นักเรียนทำการเตรียมแอลกอฮอล์ในหน่วยโมลาริตี (M) ปริมาตร 100 cm<sup>3</sup> ที่ความเข้มข้น ดังนี้ 12.00 M 12.86 M และ 13.72 M โดยใช้สูตร  $C_1V_1 = C_2V_2$  จากนั้นทำการอธิบายขั้นตอนการเตรียมแอลกอฮอล์ในหน่วยความเข้มข้นต่าง ๆ

**ความเข้มข้น 12.00 M**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ความเข้มข้น 12.86 M

ความเข้มข้น 13.72 M

## ใบบันทึกกิจกรรมที่ 2

### คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ในท้องตลาด

#### 1. จุดประสงค์

1.1 ศึกษาคุณภาพเบื้องต้นของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ในท้องตลาด

#### 2. คำสั่ง ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมดังต่อไปนี้

2.1 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสังเกตสีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ในท้องตลาด จากนั้นบันทึกผลการทดลองลงในใบบันทึกกิจกรรมที่ 2 ข้อ 1)

1) สีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ในท้องตลาด.....

2.2 ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบคุณภาพเบื้องต้นของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ในท้องตลาด

การทดสอบ	เจลล้างมือแอลกอฮอล์
<b>1. การระคายเคืองต่อผิวหนัง</b> - เมื่อนำเจลล้างมือแอลกอฮอล์ หยดลงบนฝ่ามือ 1 หยด ทำการถูฝ่ามือ ความรู้สึกในขณะถูเจลล้างมือแอลกอฮอล์ เป็นอย่างไร	
<b>1. การระเหย</b> - นำเจลล้างมือแอลกอฮอล์ หยดลงบนฝ่ามือ 1 หยด ทำการถูฝ่ามือ พร้อมสังเกตการระเหยและจับเวลา	1) .....sec 2) .....sec 3) .....sec เฉลี่ย = .....sec
<b>2. ค่า pH</b> - ใช้กระดาษลิตมัส (pH paper)	pH = .....

2.3 ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ

.....

.....

.....

.....

.....

### ใบบันทึกกิจกรรมที่ 3

#### การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์อย่างง่าย

#### 1. จุดประสงค์

1.1 นักเรียนสามารถผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

#### 2. คำสั่ง ให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมดังต่อไปนี้

2.1 ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลอง การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ดังต่อไปนี้

รายการทดสอบ	การเปลี่ยนแปลง	ทักษะกระบวนการวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ
1. สีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์		
2. วัดค่า pH ด้วยกระดาษลิตมัส	pH = .....	
3. การเปลี่ยนแปลงของสารละลายเมื่อผสมสารทั้งหมดเข้าด้วยกันเกิดการแยกชั้นหรือไม่ อย่างไร		

## ตอนที่ 3 แก้ปัญหาอย่างวิศวกร

ชั่วโมงที่ 2

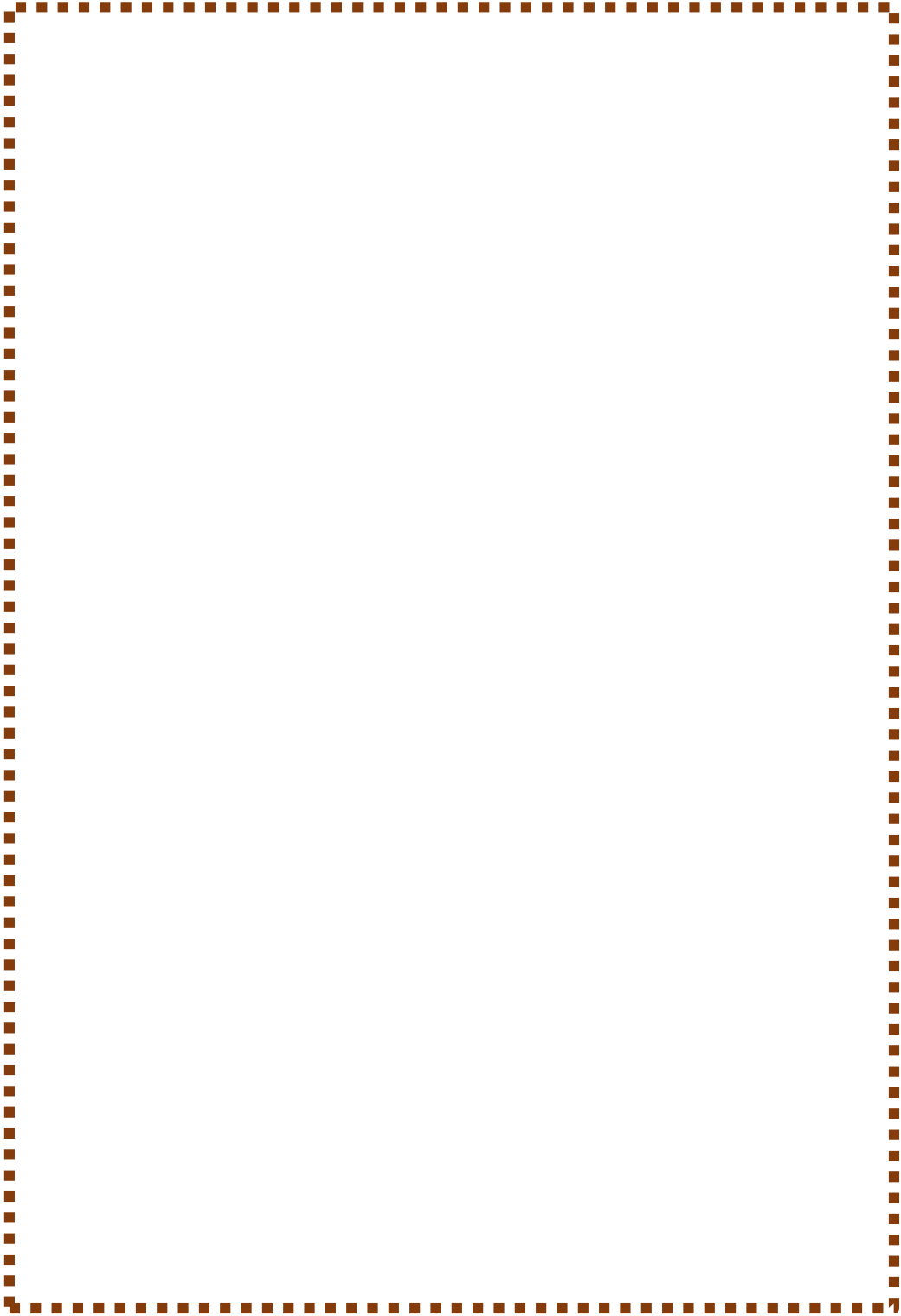
คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนระบุวัสดุอุปกรณ์ที่สามารถทดแทนวัสดุอุปกรณ์ที่ครูกำหนดให้ เพื่อนำมาผลิตแอลกอฮอล์ได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที

ลำดับ	วัสดุ-อุปกรณ์	วัสดุ-อุปกรณ์ที่ทดแทนได้
1	ปีกเกอร์	
2	กระบอกตวง	
3	กระดาษลิตมัส	
4	แท่งแก้วคนสาร	
5	ช้อนตักสารเคมี	

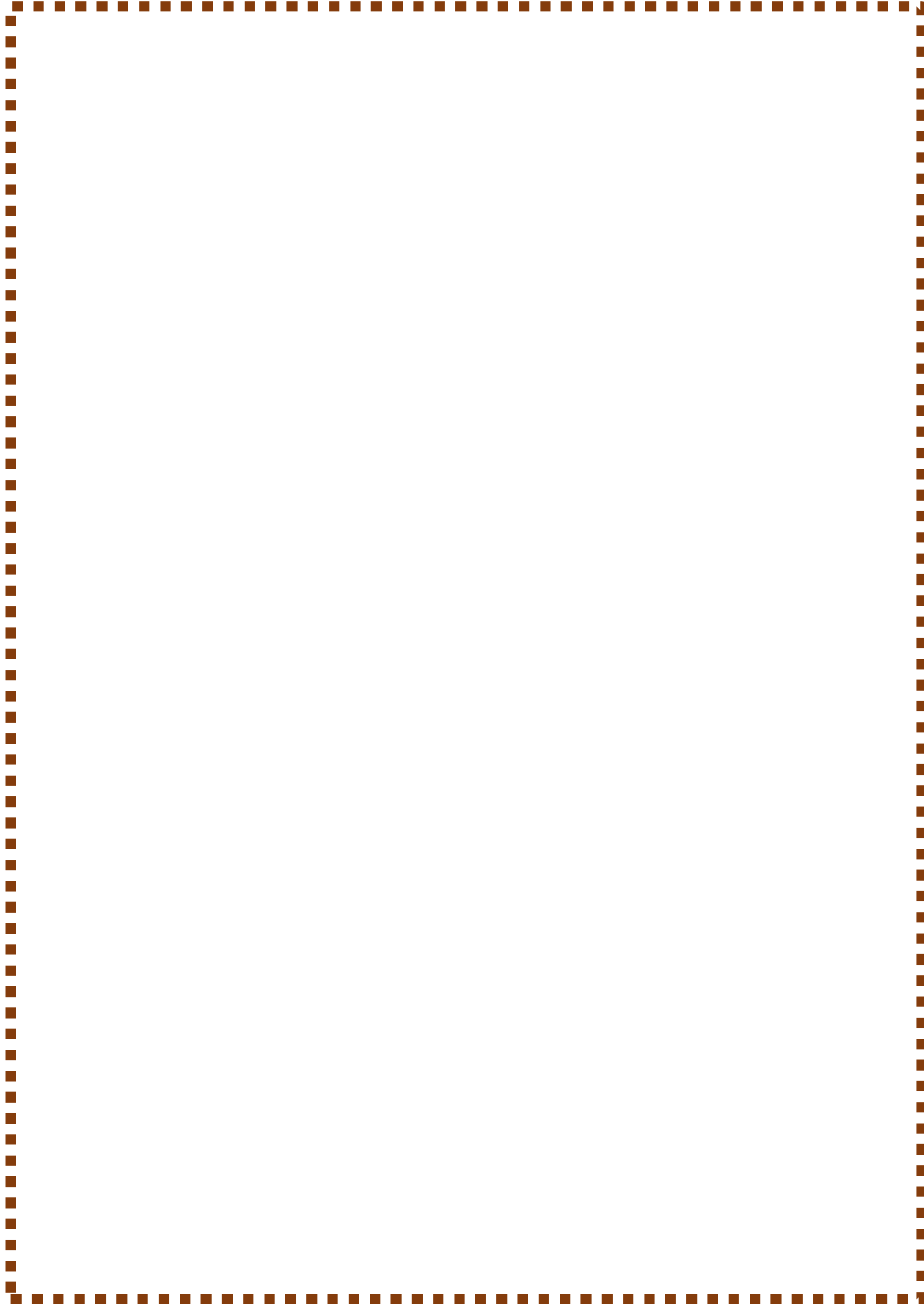


2. ให้นักเรียนออกแบบ และวาดภาพอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิตเจลล้างมือ แอลกอฮอล์ และขั้นตอนในการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ (พร้อมเขียนอธิบายและระบายสีให้สวยงาม)



3. ให้นักเรียนออกแบบบรรจุภัณฑ์เจลล้างมือแอลกอฮอล์ เพื่อนำไปขาย

เชิงพาณิชย์ (พร้อมระบายสีให้สวยงาม)



4. ให้นักเรียนบันทึกวัสดุ ไปเลือกซื้อของตามที่ได้ออกแบบไว้ และลงมือผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์

รายการ	ราคา (บาท)	จำนวน	รวม (บาท)
รวม			

5. ให้นักเรียนลงมือทำการทดสอบคุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์ พร้อมอธิบายวิธีการปรับปรุงแก้ไข และบันทึกผลลงในตารางต่อไปนี้

ครั้งที่	รายการทดสอบ	คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์	วิธีการปรับปรุงแก้ไข	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ
1	1. การสังเกตสีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์			
	2. ลักษณะกลิ่นของเจลล้างมือแอลกอฮอล์			
	3. เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ระเหยเร็วหรือไม่อย่างไร			
	4. เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้มีความชุ่มชื้นหรือไม่ อย่างไร			
	5. การทดสอบค่า pH	pH =.....		

ครั้งที่	รายการทดสอบ	คุณภาพของเจลล้างมือแอลกอฮอล์	วิธีการปรับปรุงแก้ไข	ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับ
2	1. การสังเกตสีของเจลล้างมือแอลกอฮอล์			
	2. ลักษณะกลิ่นของเจลล้างมือแอลกอฮอล์			
	3. เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ระเหยได้เร็วหรือไม่ อย่างไร			
	4. เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้มีความชุ่มชื้นหรือไม่ อย่างไร			
	5. การทดสอบค่า pH	pH =.....		

## 6. นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา หรือผลการแก้ปัญหา

คำชี้แจง: นักเรียนสรุปความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา

สาระการเรียนรู้	ความรู้ที่ได้จากการแก้ปัญหา
วิทยาศาสตร์	..... ..... ..... ..... .....
เทคโนโลยี	..... ..... ..... ..... .....
วิศวกรรมศาสตร์	..... ..... ..... ..... .....
ศิลปะ	..... ..... ..... ..... .....
คณิตศาสตร์	..... ..... ..... ..... .....

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน)

เรื่อง การเตรียมสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง: ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ลงใน  
กระดาษคำตอบ

หมายเลขในตารางต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 1-4

1. ชั่งสาร 7.02 กรัม	2. ชั่งสาร 12.00 กรัม
3. ชั่งสาร 3.20 กรัม	4. ชั่งสาร 29.25 กรัม
5. ละลายด้วยน้ำกลั่นในบีกเกอร์	6. เทสารละลายใส่ลงขวดวัด ปริมาตรขนาด 200 มิลลิลิตร
7. ชะบีกเกอร์และแห้งแก้วคนด้วยน้ำ กลั่นเทใส่ขวดวัดปริมาตร	8. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีด บอกปริมาตร
9. เทสารใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร	10. เขย่าให้สารผสมกัน

- ข้อใดต่อไปนี้ เตรียมโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 0.60 โมลต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร ได้ถูกต้องมากที่สุด (กำหนดให้มวลโมเลกุลของ Na = 23 Cl = 35.5) (ด้านการประเมินค่า)
  - 1, 5, 6, 7, 8 และ 10
  - 4, 5, 6, 7, 8 และ 10
  - 3, 6, 5, 7, 8 และ 10
  - 2, 5, 6, 7, 8 และ 10
- กรดแอสซิติค (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>O<sub>2</sub>) 1.0 โมลต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นักเรียนจะมีขั้นตอนการเตรียมตามข้อใด (กำหนดให้มวลโมเลกุลของ C = 12 H = 1 O = 16) (ด้านความรู้ความเข้าใจ)
  - 3, 5, 6, 7, 8 และ 10
  - 2, 5, 6, 7, 8 และ 10
  - 1, 6, 5, 7, 8 และ 10
  - 4, 5, 6, 7, 8 และ 10

3. ข้อใดต่อไปนี้ เตรียม NaOH 0.40 โมลต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร  
ได้ถูกต้องมากที่สุด (กำหนดให้มวลโมเลกุลของ Na = 23 O = 16 H = 1)  
(ด้านการประเมินค่า)
- ก. 3, 5, 6, 7, 8 และ 10      ข. 1, 6, 5, 7, 9 และ 10  
ค. 4, 5, 6, 7, 8 และ 10      ง. 2, 6, 5, 7, 9 และ 10
4. ถ้าต้องการเตรียม NaCl 1 โมลต่อลิตร ปริมาตร 500 มิลลิลิตร นักเรียนจะมี  
ขั้นตอนการเตรียมอย่างไร (กำหนดให้มวลโมเลกุลของ Na = 23  
Cl = 35.5) (ด้านการวิเคราะห์)
- ก. 4, 5, 6, 7, 8 และ 10      ข. 4, 9, 6, 7, 8 และ 10  
ค. 4, 5, 9, 7, 8 และ 10      ง. 1, 5, 9, 7, 8 และ 10

หมายเลขในตารางต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 5-6

1. ปริมาตร 135 มิลลิลิตร	2. ปริมาตร 168 มิลลิลิตร
3. เทสารใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร	4. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีด บอกปริมาตร
5. ละลายด้วยน้ำกลั่นในปิកเกอร์	6. เขย่าให้สารผสมกัน
7. ปิเปตสารละลายเอทานอล 95%	8. ปิเปตสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต 0.100 โมลต่อลิตร

5. ต้องการเตรียมสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต 0.025 โมลต่อลิตร ปริมาตร  
500 มิลลิลิตร จากสารละลายซิลเวอร์ไนเทรต 0.100 โมลต่อลิตร นักเรียน  
จะมีขั้นตอนการเตรียมอย่างไร (ด้านการวิเคราะห์)
- ก. 8, 3, 5, 4 และ 6      ข. 7, 3, 5, 4 และ 6  
ค. 8, 2, 3, 4 และ 6      ง. 8, 1, 3, 4 และ 6
6. ข้อใดกล่าวถูกต้อง ถ้านักเรียนต้องการเตรียมสารละลายเอทานอล 70%  
ปริมาตร 500 มิลลิลิตร จากสารละลายเอทานอล 95%  
(ด้านความรู้ความเข้าใจ)
- ก. 8, 1, 3, 4 และ 6      ข. 7, 2, 3, 4 และ 6  
ค. 7, 3, 5, 4 และ 6      ง. 8, 3, 5, 4 และ 6



7. แอลกอฮอล์ชนิดที่นิยมนำมาผลิตเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์มากที่สุด (ด้านการประเมินค่า)
- ก. เอทานอล                      ข. เมทานอล  
ค. บิวทานอล                    ง. ไอโซโพรพานอล
8. ปัจจุบันการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร นิยมใช้แอลกอฮอล์ 95% โดยผลิตเจลล้างมือความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 70-75% โดยนำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาตร 370 มิลลิลิตร ถ้านักเรียนต้องการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 80% นักเรียนจะมีวิธีการออกแบบ โดยนำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาตรเท่ากับข้อใด (ด้านความสร้างสรรค์)
- ก. นำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาตร 421 มิลลิลิตร  
ข. นำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาตร 321 มิลลิลิตร  
ค. นำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาตร 221 มิลลิลิตร  
ง. นำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาตร 121 มิลลิลิตร
9. ต้องการเตรียมสารละลายไฮเดียมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.10 โมลต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นักเรียนจะเลือกใช้สูตรในข้อใด (ด้านการประยุกต์ใช้)
- ก.  $g/M = CV/1000$   
ข.  $g = MCV/1000$   
ค.  $g = 1000/MCV$   
ง.  $M/g = CV/1000$
10. เอทานอลนิยมนำมาผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ถ้านักเรียนไม่มีเอทานอล จะต้องเลือกสารข้อใด (การประยุกต์ใช้)
- ก. เฮกเซน                      ข. เมทานอล  
ค. บิวทานอล                    ง. ไอโซโพรพิล

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน)

เรื่อง การเตรียมสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 10 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง: ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ลงใน

กระดาษคำตอบ

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (ก่อนเรียน-หลังเรียน)

1. ก
2. ข
3. ก
4. ค
5. ง
6. ข
7. ก
8. ก
9. ข
10. ง

**แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์**  
**เรื่อง การเตรียมสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**  
**จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน**

**คำชี้แจง:** การวัดความคิดสร้างสรรค์จะมี 2 กิจกรรม โดยนักเรียนมีอิสระในการคิด  
 หาคำตอบ

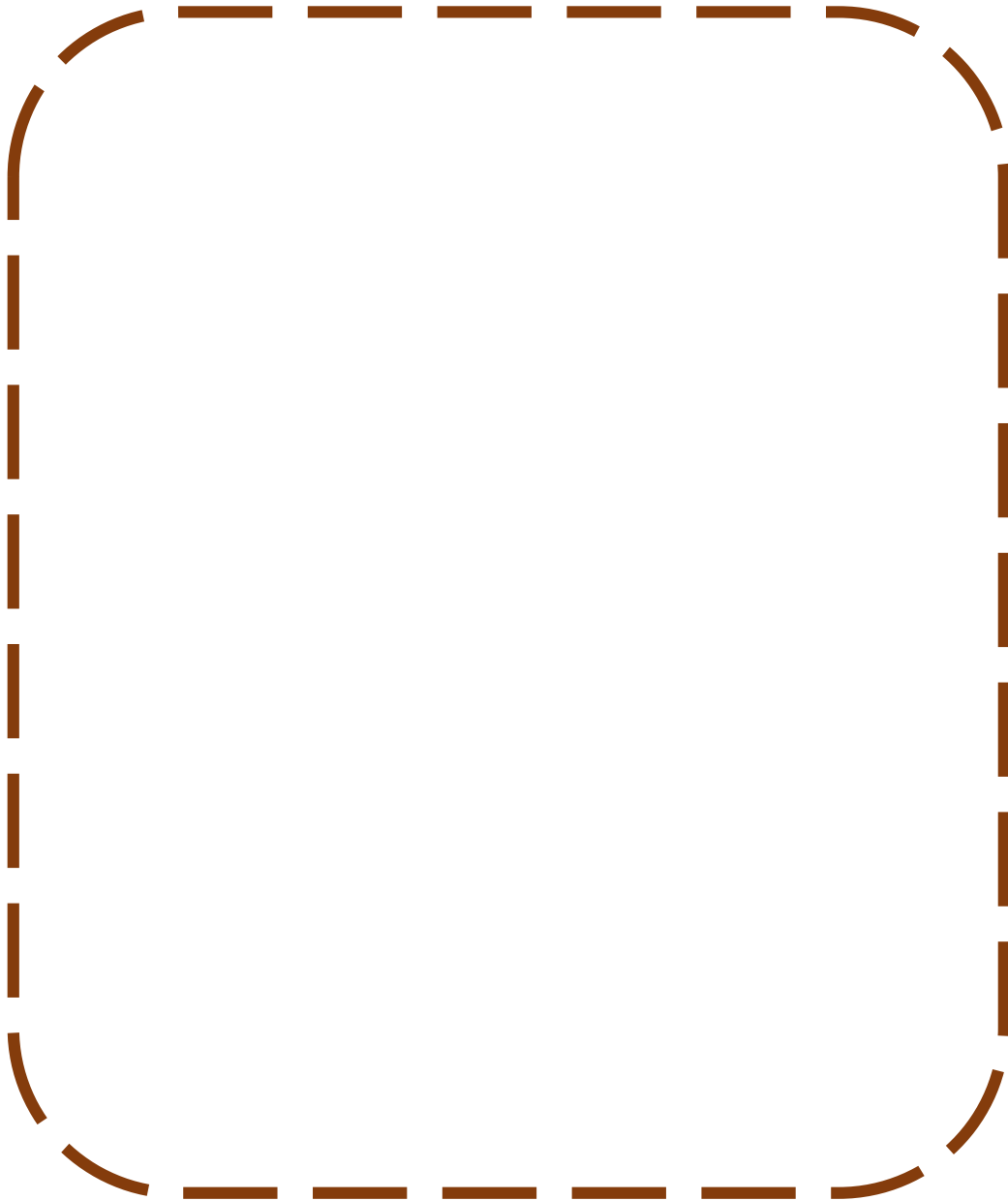
**กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความยืดหยุ่น และความคิดคล่องแคล่ว**

**โจทย์** ให้นักเรียนระบุพืชที่สามารถนำมาผลิตแอลกอฮอล์ได้มากที่สุดภายในเวลา  
 3 นาที

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

**กิจกรรมที่ 2 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม  
และความคิดละเอียดลออ**

**โจทย์** ให้นักเรียนคิดออกแบบ และวาดภาพบรรจุภัณฑ์เจลล้างมือแอลกอฮอล์ที่มีความแปลกใหม่ สีสันสวยงามมีรูปร่างที่ลักษณะที่น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร มีความทนทาน และจะออกแบบให้ภาชนะนั้นมีรูปร่างลักษณะอย่างไร (ระบายสีให้สวยงาม) เวลา 10 นาที



เฉลยแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ (ก่อนเรียน-หลังเรียน)

เรื่อง การเตรียมสารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จำนวน 2 ข้อ คะแนนเต็ม 10 คะแนน

คำชี้แจง: นักเรียนมีอิสระในการคิดหาคำตอบ

**กิจกรรมที่ 1 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดยืดหยุ่น  
และความคิดคล่องแคล่ว**

โจทย์ ให้นักเรียนระบุพืชที่สามารถนำมาผลิตแอลกอฮอล์ได้มากที่สุดภายในเวลา 3 นาที

(คำตอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน)

**กิจกรรมที่ 2 ทดสอบความคิดสร้างสรรค์ด้านความคิดริเริ่ม  
และความคิดละเอียดลออ**

โจทย์ ให้นักเรียนคิดออกแบบ และวาดภาพบรรจุภัณฑ์เจลล้างมือแอลกอฮอล์ ที่มีความแปลกใหม่ สีสันสวยงามมีรูปร่างที่ลักษณะที่น่าสนใจ ไม่ซ้ำใคร มีความทนทาน และจะออกแบบให้ภาชนะนั้นมีรูปร่างลักษณะอย่างไร (ระบายสีให้สวยงาม) เวลา 10 นาที

(คำตอบขึ้นอยู่กับดุลยพินิจของครูผู้สอน)

### ใบประเมินความคิดสร้างสรรค์

**คำชี้แจง:** ให้ผู้สอนบันทึกคะแนนความคิดสร้างสรรค์จากการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละกิจกรรม

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ความคิดสร้างสรรค์				คะแนน รวม (10)	คิดเป็น ร้อยละ (100)
		ความคิด คล่อง (2.5)	ความคิด ยืดหยุ่น (2.5)	ความคิด ริเริ่ม (2.5)	ความคิด ละเอียดลออ (2.5)		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

### เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดโดยทอแรนซ์ (Torrance, 2006) ซึ่งแต่ละรายการจะได้รับคะแนนสูงสุด 4 คะแนน ดังนี้

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนน	คำอธิบาย
ความคิดคล่องแคล่ว	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาคำตอบได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ 1-2 ข้อ
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ตั้งแต่ 3 ข้อ ขึ้นไป
ความคิดยืดหยุ่น	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาวิธีการได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 1-2 วิธี
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 3 วิธี ขึ้นไป
ความคิดริเริ่ม	0	นักเรียนไม่ตอบ/ตอบแนวคิดทั่วไป/ ตอบแนวคิดทั่วไปและไม่มีความคิดริเริ่ม
	2	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร ในระดับปานกลาง
	4	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร มีความคิดที่แปลกใหม่
ความคิดละเอียดลออ	0	ไม่มีการเติมแต่งความคิดจากนักเรียน
	2	มีการเพิ่มแนวคิดต่าง ๆ จากนักเรียน
	4	มีความคิดที่ไม่ธรรมดาจากนักเรียน

### ระดับความคิดสร้างสรรค์

เกณฑ์คะแนน	ระดับความคิดสร้างสรรค์
68-100	สร้างสรรค์มาก (ระดับสูง)
34-67	สร้างสรรค์ปานกลาง (ระดับปานกลาง)
0-33	สร้างสรรค์ต่ำ (ระดับต่ำ)

ที่มา: Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., Binti, N. D., & Alias, M. I. B.

(2020, p.755)

### แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

**คำชี้แจง:** ใช้ประเมินกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขณะปฏิบัติกิจกรรม ซึ่งครูผู้สอนเป็นผู้สังเกตและประเมินโดยการทำเครื่องหมายถูก ( ) ในช่องที่ตรงกับระดับคุณภาพ  
ชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
10. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการปฏิบัติ	ระดับคุณภาพ			
	4	3	2	1
1. ทักษะการสังเกต				
2. ทักษะการทดลอง				
3. ทักษะการลงความเห็นข้อมูล				
4. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล				
5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อมูล				
<b>รวม</b>				
<b>เฉลี่ย</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
16-20	4
11-15	3
6-15	2
ต่ำกว่า 5	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง



## เกณฑ์การประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. ทักษะการสังเกต	ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและบันทึกการสังเกตโดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกตได้ข้อมูลถูกต้องครบถ้วน	ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและบันทึกการสังเกตโดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกตได้ข้อมูลถูกต้องเป็นส่วนใหญ่	ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและบันทึกการสังเกตโดยไม่ใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกตได้ข้อมูลถูกต้องบางส่วน	ใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกันเพื่อสัมผัสโดยตรงกับวัตถุและบันทึกการสังเกตโดยใส่ความคิดเห็นส่วนตัวของผู้สังเกตลงไปในเรื่องที่สังเกตได้ข้อมูลถูกต้องบางส่วน
2. ทักษะการทดลอง	กำหนดวิธีการอุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้องเหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีทุกครั้ง ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา ทุกครั้งบันทึกผลคล่องแคล่ว ถูกต้อง และออกแบบตารางบันทึกผลที่เหมาะสมกับข้อมูลทุกครั้ง	กำหนดวิธีการอุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้องเหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีบ่อยครั้ง ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา บันทึกผลคล่องแคล่ว ถูกต้อง และออกแบบตารางบันทึกผลที่เหมาะสมกับข้อมูลบ่อยครั้ง	กำหนดวิธีการอุปกรณ์ สารเคมี อย่างถูกต้องเหมาะสม และใช้อย่างถูกวิธีบางครั้ง ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ทันเวลา บางครั้ง บันทึกผลคล่องแคล่ว ถูกต้อง และออกแบบตารางบันทึกผลที่เหมาะสมกับข้อมูลเป็นบางครั้ง	กำหนดวิธีการอุปกรณ์ สารเคมี ไม่ถูกต้อง ไม่เหมาะสม และใช้อย่างไม่ถูกวิธี ทดลองตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ ไม่ทันเวลา บันทึกผลไม่คล่องแคล่ว ไม่ค่อยถูกต้อง และออกแบบตารางบันทึกผลไม่เหมาะสมกับข้อมูล

รายการ ประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
3. ทักษะการ ลงความเห็น ข้อมูล	รวบรวมข้อมูลที่ได้ จากการสังเกตอย่าง เป็นระบบ สามารถอธิบาย เกี่ยวกับข้อมูลที่ รวบรวมมาได้ดีมาก ยอมรับการ เปลี่ยนแปลง การลงความคิดเห็น เมื่อมีข้อมูลเพิ่มเติม	รวบรวมข้อมูลจาก การสังเกตได้ สามารถอธิบาย เกี่ยวกับข้อมูลที่ รวบรวมมาได้ดี ยอมรับการ เปลี่ยนแปลงการลง ความคิดเห็นเมื่อมี ข้อมูลเพิ่มเติม พอสมควร	รวบรวมข้อมูลจาก การสังเกตได้ สามารถอธิบาย เกี่ยวกับข้อมูลที่ รวบรวมมาได้พอใช้ เปลี่ยนแปลงการลง ความคิดเห็นเมื่อมี ข้อมูลเพิ่มเติม บางส่วน	รวบรวมข้อมูลที่ได้ จากการสังเกตได้ เล็กน้อยสามารถ อธิบายเกี่ยวกับ ข้อมูลที่รวบรวมมา ได้น้อยยอมรับการ เปลี่ยนแปลงการ ลงความคิดเห็น เมื่อมีข้อมูล เพิ่มเติมบางส่วน
4. ทักษะการ จัดกระทำ และสื่อ ความหมาย ข้อมูล	เลือกรูปแบบที่ จะใช้ในการเสนอ ข้อมูลได้ อย่าง เหมาะสมออกแบบ การเสนอข้อมูลให้ อยู่ในรูปใหม่ที่เข้าใจ ดีขึ้นได้ บรรยาย ลักษณะของสิ่งใดสิ่ง หนึ่งด้วยข้อความที่ เหมาะสม กะทัดรัด จนสื่อความหมายให้ ผู้อื่นเข้าใจได้ดี	เลือกรูปแบบที่จะใช้ ในการเสนอข้อมูลได้ อย่างเหมาะสม ออกแบบการเสนอ ข้อมูลให้อยู่ในรูป ใหม่ ที่เข้าใจดีขึ้นได้ บรรยายลักษณะ ของ สิ่งใดสิ่งหนึ่ง ด้วย ข้อความที่ เหมาะสม กะทัดรัด จนสื่อ ความหมาย ให้ผู้อื่น เข้าใจได้ พอสมควร	เลือกรูปแบบที่จะใช้ ในการเสนอข้อมูลได้ ออกแบบการเสนอ ข้อมูลให้เข้าใจได้ พอสมควรบรรยาย ลักษณะของสิ่งใด สิ่งหนึ่งให้ผู้อื่นเข้าใจ ได้น้อย	เลือกรูปแบบที่จะ ใช้ในการเสนอ ข้อมูลได้อย่าง เหมาะสมออกแบบ การเสนอข้อมูลให้ เข้าใจไม่ได้บรรยาย ลักษณะของสิ่งใดสิ่ง หนึ่งให้ผู้อื่นเข้าใจ ไม่ได้
5. ทักษะการ ตีความหมาย ข้อมูลและการ ลงข้อมูล	แปลความหมาย ถูกต้อง และ สรุปผลสอดคล้อง กับข้อมูล	แปลความหมาย ถูกต้อง แต่สรุปผล ไม่สอดคล้องกับ ข้อมูล	แปลความหมาย ถูกต้องเป็นบางส่วน แต่สรุปผลไม่ สอดคล้องกับข้อมูล	แปลความหมาย ไม่ถูกต้องบางส่วน และไม่สรุปผล

### แบบประเมินชิ้นงาน

คำชี้แจง: ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนแล้วทำเครื่องหมายถูก ( )

ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
10. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. รูปแบบชิ้นงานตรงตามที่ยอกแบบไว้				
2. สามารถนำไปใช้ลงมือได้จริง				
3. มีความคิดริเริ่ม				
4. ปริมาณเจ็ลล้างมือแอลกอฮอล์				
5. ทำงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด				
<b>รวม</b>				
<b>เฉลี่ย</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
16-20	4
11-15	3
6-15	2
ต่ำกว่า 5	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

## เกณฑ์การประเมินชิ้นงาน

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. รูปแบบชิ้นงานตรงตามที่ออกแบบไว้	รูปแบบมีความชัดเจนดีมาก และสามารถนำเหตุผลมาสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างชัดเจน	รูปแบบมีความชัดเจน และสามารถนำเหตุผลมาสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างชัดเจน	รูปแบบมีความชัดเจนแต่ไม่สามารถนำเหตุผลมาสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างชัดเจน	รูปแบบไม่มีความชัดเจนและยังไม่สามารถนำเหตุผลมาสนับสนุนในการออกแบบได้อย่างชัดเจน
2. สามารถนำไปใช้ล้างมือได้จริง	ชิ้นงานที่ทำการผลิตขึ้นมาสามารถใช้ล้างมือได้ไม่ระคายเคืองต่อผิวและผ่านเกณฑ์	ชิ้นงานที่ทำการผลิตขึ้นมาสามารถใช้ล้างมือได้และผ่านเกณฑ์	ชิ้นงานที่ทำการผลิตขึ้นมาสามารถใช้ล้างมือได้แต่ไม่ผ่านเกณฑ์	ชิ้นงานที่ทำการผลิตขึ้นมาไม่สามารถใช้ล้างมือได้และไม่ผ่านเกณฑ์
3. มีความคิดริเริ่ม	ใช้จินตนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ในการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานได้ดีมาก จากแนวคิดต้นแบบ พร้อมมีการให้อ้างอิงกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง	ใช้จินตนาการและแนวคิดที่แปลกใหม่ในการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานได้ดี จากแนวคิดต้นแบบ พร้อมมีการให้อ้างอิงกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง	มีการพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานให้ดียิ่งขึ้นจากแนวคิดต้นแบบ พร้อมมีการให้อ้างอิงกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง	ค้นหาแนวคิดจากแหล่งต่าง ๆ และการอ้างอิงกับเจ้าของแนวคิดต้นแบบอย่างถูกต้อง แต่ไม่มีการพัฒนาและปรับปรุงแนวคิดจากต้นแบบ
4. ปริมาณเจลล้างมือแอลกอฮอล์	มีปริมาณเจลล้างมือแอลกอฮอล์มากที่สุดและมีราคาต้นทุนการผลิตน้อยที่น้อย	มีปริมาณเจลล้างมือแอลกอฮอล์มากและมีราคาต้นทุนการผลิตน้อย	มีปริมาณเจลล้างมือแอลกอฮอล์มากและมีราคาต้นทุนการผลิตมาก	มีปริมาณเจลล้างมือแอลกอฮอล์น้อยและมีราคาต้นทุนการผลิตมาก
5. ทำงานเสร็จภายในเวลาที่กำหนด	เสร็จตามเวลาที่กำหนด	เสร็จช้ากว่า 2 นาที	เสร็จช้ากว่า 5 นาที	เสร็จช้ากว่า 10 นาที

### แบบประเมินการนำเสนอ

คำชี้แจง: ให้ครูสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียน แล้วทำเครื่องหมายถูก ( )

ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ชื่อสมาชิกในกลุ่ม

1. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
6. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
7. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
8. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
9. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....
10. ชื่อ.....ชั้น.....เลขที่.....

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. บุคลิก การแต่งกาย				
2. มารยาทในการพูด				
3. การใช้ภาษา				
4. วิธีการนำเสนอ				
5. เนื้อหาที่นำเสนอ				
<b>คะแนนรวม</b>				
<b>ระดับคุณภาพ</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

เกณฑ์การแปลความหมายของคะแนน

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
16-20	4
11-15	3
6-10	2
ต่ำกว่า 5	1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ระดับคะแนน	ระดับคุณภาพ
4	ดีเยี่ยม
3	ดี
2	พอใช้
1	ปรับปรุง

## เกณฑ์ประเมินการนำเสนอ

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			
	4	3	2	1
1. บุคลิก การแต่งกาย	มีความมั่นใจ ในตนเอง แต่งกายถูก ระเบียบ สะอาด เรียบร้อยอย่างดี	มีความมั่นใจ ในตนเอง แต่งกายถูก ระเบียบ สะอาด เรียบร้อย	มีความมั่นใจ ในตนเอง แต่งกาย ไม่ถูกระเบียบ	ไม่มีความมั่นใจ ในตนเอง และ แต่งกายไม่ถูก ระเบียบ
2. มารยาท ในการพูด	มองหน้าและ สบตาผู้ฟัง ไม่เหินแสม เสียดสีผู้อื่น	มองหน้าและ สบตาผู้ฟัง	เขินอายไม่ค่อย กล้ามองหน้า และสบตาผู้ฟัง	ไม่มองหน้าและ สบตาผู้ฟัง อาย พูดไม่ได้
3. การใช้ภาษา	พูดชัดเจน ตามหลักภาษา ตัว ว ร ล คำควบกล้ำ ใช้ถ้อยคำ ข้อความสุภาพ และถูกต้อง	พูดชัดเจน ตามหลักภาษา ตัว ว ร ล คำควบกล้ำ ใช้ถ้อยคำ ข้อความสุภาพ	มีบางครั้งที่พูด ไม่ชัดเจน ตาม หลักภาษา ตัว ว ร ล คำควบกล้ำ ใช้ถ้อยคำ ข้อความสุภาพ	พูดไม่ชัดเจน ตามหลักภาษา ตัว ว ร ล คำควบกล้ำ ใช้ถ้อยคำ ข้อความที่ ไม่สุภาพ
4. วิธีการนำเสนอ	มีวิธีการนำเสนอ ที่หลากหลาย เช่น ใช้ท่าทาง ประกอบ รูปภาพ ตั้งคำถาม เล่นเกม	มีวิธีการนำเสนอ ที่หลากหลาย เช่น ใช้ท่าทาง ประกอบ รูปภาพ	วิธีการนำเสนอ ไม่ค่อยน่าสนใจ หลากหลาย	ไม่มีวิธีการ นำเสนอเลย ท่องตามที่ เขียนมา เท่านั้น
5. เนื้อหาที่นำเสนอ	เนื้อหาที่น่าสนใจ มีสาระสำคัญ ตรงกับหัวข้อ ประเด็นที่ กำหนด พร้อม เรียบเรียงเนื้อหา เป็นลำดับ	เนื้อหาที่น่าสนใจ มีสาระสำคัญ ตรงกับหัวข้อ ประเด็นที่ กำหนด	มีเนื้อ สาระสำคัญ บางส่วนไม่ตรง กับหัวข้อ ประเด็น	ไม่มีเนื้อหา สาระสำคัญ ตรงกับหัวข้อ เรื่อง

**แบบประเมินคุณลักษณะอันพึงประสงค์และสมรรถนะสำคัญของนักเรียน**

**คำชี้แจง:** ให้ผู้สอนสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในระหว่างเรียนและนอกเวลาเรียนแล้ว

ทำเครื่องหมายถูก ( ) ลงในช่องที่ตรงกับระดับคะแนน

ข้อการประเมิน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
1. มีวินัย รับผิดชอบ	1.1 ปฏิบัติตนตาม ข้อตกลง กฎเกณฑ์ ระเบียบ ข้อบังคับของโรงเรียนและสังคม ไม่ละเมิดสิทธิ ของผู้อื่น			
	1.2 มีความตรงต่อเวลาในการปฏิบัติกิจกรรมต่าง ๆ			
2. มีความซื่อสัตย์ สุจริต	2.1 ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและเป็นจริง			
	2.2 ปฏิบัติตนต่อผู้อื่นด้วยความซื่อตรง			
3. มุ่งมั่นในการ ทำงาน	3.1 เอาใจใส่ต่อการ ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย			
	3.2 ตั้งใจและรับผิดชอบในการทำงานให้สำเร็จ			
4. ใฝ่เรียนรู้	4.1 ตั้งใจเรียน เอาใจใส่และมีความ เพียรพยายาม ในการเรียนรู้			
	4.2 สนใจเข้าร่วม กิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ			
5. มีจิตสาธารณะ	5.1 รู้จักทำงานให้ผู้อื่นด้วยกำลังกาย กำลังใจ และกำลังสติปัญญาด้วยความสมัครใจ			
	5.2 ช่วยเพื่อนล้างอุปกรณ์ พร้อมเก็บอุปกรณ์ให้ เรียบร้อย			
6. ความสามารถ ในการสื่อสาร	6.1 มีความสามารถในการนำเสนอผลงาน			
	6.2 มีความสามารถในการถ่ายทอดความรู้ ความคิด ความเข้าใจของตนเอง โดยใช้ภาษาอย่างเหมาะสม			
7. ความสามารถ ในการคิด	7.1 มีทักษะในการคิดนอกกรอบอย่างสร้างสรรค์			
	7.2 ตัดสินใจแก้ปัญหาเกี่ยวกับตนเองได้			
8. ความสามารถ ในการแก้ปัญหา	8.1 สามารถแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้			
	8.2 ใช้เหตุผลในการแก้ปัญหา			

ข้อการประเมิน	รายการประเมิน	ระดับคะแนน		
		3	2	1
9. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต	9.1 สามารถทำงานกลุ่มร่วมกับผู้อื่นได้			
	9.2 นำความรู้ที่ได้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน			
10. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี	10.1 มีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี			
	10.2 ใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์			
<b>รวม</b>				
<b>ระดับคุณภาพ</b>				

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

#### เกณฑ์การให้คะแนน

พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและสม่ำเสมอ	ให้ 3 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติชัดเจนและบ่อยครั้ง	ให้ 2 คะแนน
พฤติกรรมที่ปฏิบัติบางครั้ง	ให้ 1 คะแนน

#### เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ

ช่วงคะแนน	ระดับคุณภาพ
46-60	ดีมาก
31-45	ดี
16-30	พอใช้
ต่ำกว่า 15	ปรับปรุง



## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

### สรุปผลการจัดการเรียนรู้

1. นักเรียนจำนวน.....คน

ผ่านจุดประสงค์การเรียนรู้.....คนคิดเป็นร้อยละ.....

ไม่ผ่านจุดประสงค์.....คนคิดเป็นร้อยละ.....

ได้แก่

1. ....

2. ....

### ปัญหา/อุปสรรค/แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

### ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้สอน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

**ความเห็นของหัวหน้าสถานศึกษา/ผู้ที่ได้รับมอบหมาย**

ได้ทำการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ของ.....

แล้วมีความคิดเห็นดังนี้

1. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่

- ดีมาก
- ดี
- พอใช้
- ควรปรับปรุง

2. การจัดกิจกรรมได้นำเอากระบวนการเรียนรู้

- เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญมาใช้ในการสอนได้อย่างเหมาะสม
- ยังไม่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ควรปรับปรุงพัฒนาต่อไป

3. เป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่

- นำไปใช้ได้จริง
- ควรปรับปรุงก่อนนำไปใช้

4. ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ดร.อรุณรัตน์ คำแห่งพล)

ตำแหน่ง อาจารย์

5. ข้อเสนอแนะ

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

ลงชื่อ.....ผู้บริหารสถานศึกษา  
(.....)  
ตำแหน่ง.....

### เอกสารอ้างอิง

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. เข้าถึงได้จาก [https://drive.google.com/file/d/1F4\\_wAe-ZF13-WhvnEAupXNiWchvpcQKW/view](https://drive.google.com/file/d/1F4_wAe-ZF13-WhvnEAupXNiWchvpcQKW/view). 10 มีนาคม 2563.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. เข้าได้จาก [https://drive.google.com/file/d/1\\_ALwE9xuCL3Fjet3Xl4gYjBj8p\\_1zLaA/view](https://drive.google.com/file/d/1_ALwE9xuCL3Fjet3Xl4gYjBj8p_1zLaA/view) 10 มีนาคม 2563.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลาง กลุ่มสาระการเรียนรู้ศิลปะ (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551, เข้าได้จาก <https://drive.google.com/file/d/0B9t56k6dmUe5dnpJVmlyuHUyeXM/view> 10 มีนาคม 2563.
- คณะแพทยศาสตร์โรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล. วิธีป้องกันเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19). เข้าถึงได้จาก [https://med.mahidol.ac.th/th/knowledge\\_awareness\\_health/16mar2020-1638](https://med.mahidol.ac.th/th/knowledge_awareness_health/16mar2020-1638). 23 ตุลาคม 2563.
- กระปุกเด็อนภัย ไวรัส. 5 สูตรทำเจลล้างมือด้วยตัวเอง กับส่วนผสมไม่ก๊ออย่าง. เข้าถึงได้จาก <https://covid-19.kapook.com/view220505.html>. 23 ตุลาคม 2563.
- กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. ผลิตภัณฑ์เจลล้างมือ. เข้าถึงได้จาก <http://www.dmsc.moph.go.th/cosmetics/upload/knowledge.pdf>. 23 ตุลาคม 2563.

## ภาคผนวก จ

### เครื่องมือวิจัย

1. แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์
2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน



**แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์**

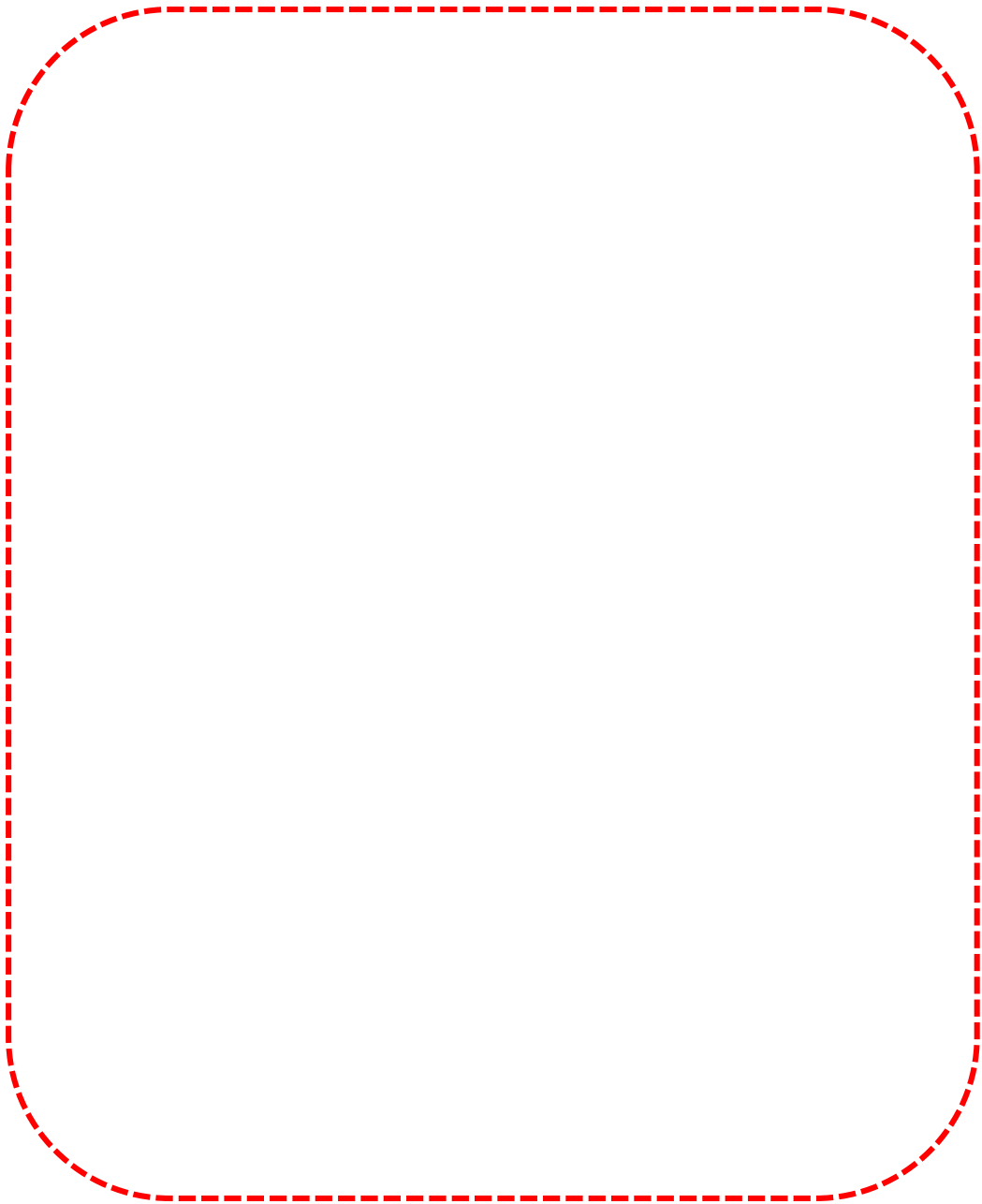
โดยยึดแนวการสร้างแบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์  
(Toorrance Test of Creative Thinking)

**คำชี้แจง**

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ฉบับนี้เป็นแบบอัตนัย มีทั้งหมด 6 กิจกรรม  
ได้แก่
  - 1.1 กิจกรรมที่ 1 การเขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
  - 1.2 กิจกรรมที่ 2 การเขียนผลที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์
  - 1.3 กิจกรรมที่ 3 การเขียนประโยชน์พิเศษของสิ่งของที่กำหนดให้
  - 1.4 กิจกรรมที่ 4 การสร้างภาพ
  - 1.5 กิจกรรมที่ 5 การต่อเติมรูปภาพ
  - 1.6 กิจกรรมที่ 6 การใช้เส้น
2. นักเรียนอ่านคำชี้แจงในแต่ละฉบับให้เข้าใจ และดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนด  
โดยใช้เวลาในการทำข้อสอบทั้งหมด 60 นาที
3. นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการเรียนรู้ เรื่อง สารละลาย มาใช้ในการคิด  
ออกแบบ คิดค้นหาคำตอบที่มีความแปลกใหม่ ไม่ซ้ำใคร มีความน่าสนใจ มีความ  
หลากหลาย ได้จำนวนมากในเวลาที่กำหนด และระบุรายละเอียดได้อย่างถูกต้อง ครบถ้วน  
ชัดเจน
4. แบบทดสอบนี้นักเรียนมีอิสระเต็มที่ ที่จะคิดหาคำตอบ
5. นักเรียนเขียนคำตอบลงในกระดาษที่แจกให้

**แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์****กิจกรรมที่ 1 การเขียนสาเหตุที่เป็นไปได้ถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น**

**คำชี้แจง** ในชีวิตประจำวันของเราจะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มแต่ละชนิดมักเป็นสารละลาย และมีสีที่แตกต่างกันไป นักเรียนคิดว่าความแตกต่างของสีในเครื่องดื่มมีสาเหตุมาจากอะไรบ้างโดยเขียนสาเหตุที่เป็นไปได้เกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้มาให้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (25 คะแนน)



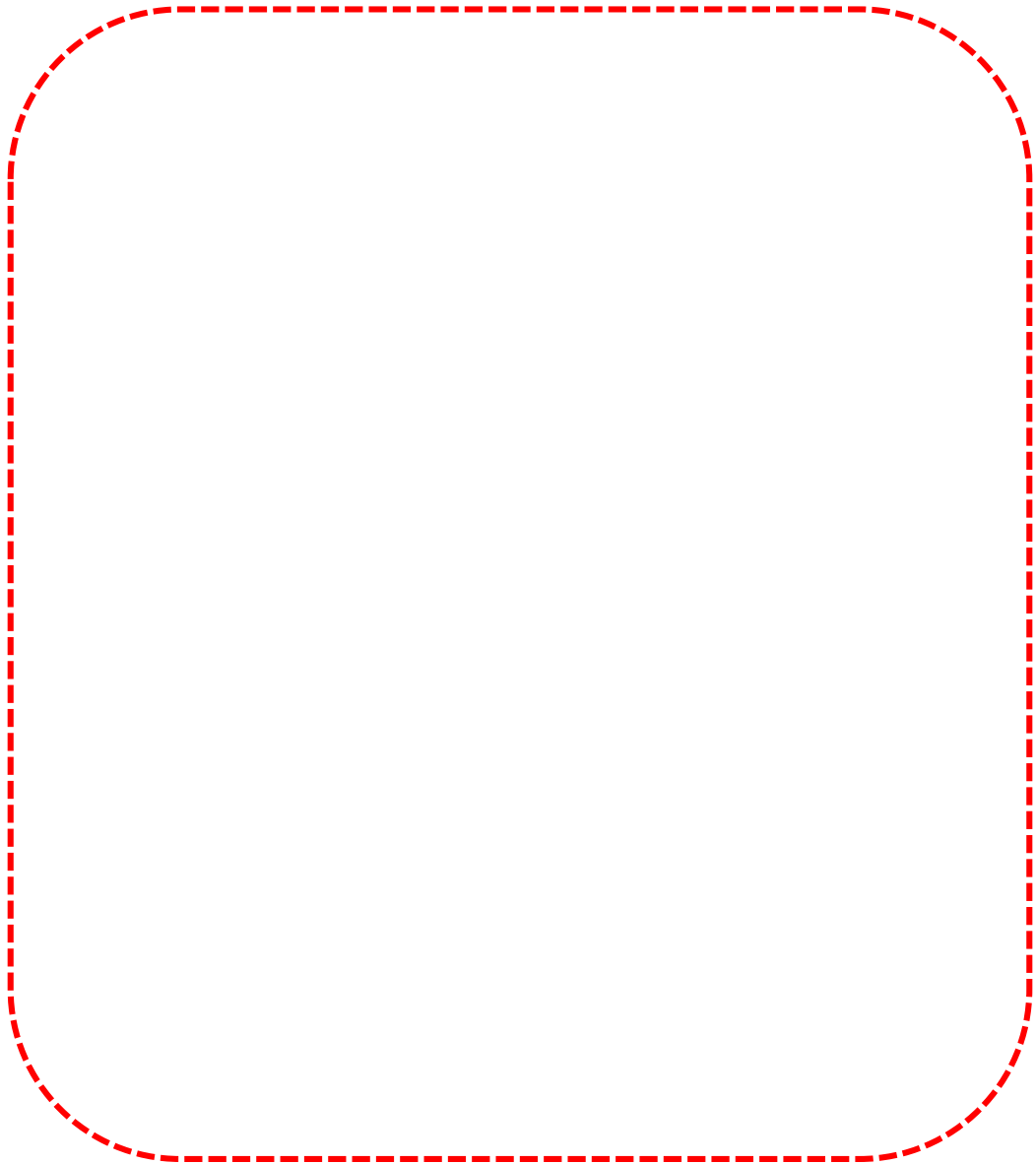


แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์  
กิจกรรมที่ 2 การเขียนผลที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์

**คำชี้แจง** ในชีวิตประจำวันของเราจะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มแต่ละชนิดมักเป็นสารละลาย และมีสีที่แตกต่างกันไป นักเรียนคิดว่าผลที่อาจเกิดขึ้นจากความแตกต่างของสี ในเครื่องดื่มมีอะไรบ้าง โดยเขียนสาเหตุที่เป็นไปได้เกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ มาให้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (12.5 คะแนน)

แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์  
กิจกรรมที่ 3 การเขียนประโยชน์พิเศษของสิ่งของที่กำหนดให้

**คำชี้แจง** ในชีวิตประจำวันของเราจะเห็นได้ว่าเครื่องดื่มแต่ละชนิดมักเป็นสารละลาย และมีสีที่แตกต่างกันไป นักเรียนคิดว่าความแตกต่างของสีในเครื่องดื่มที่เกิดขึ้น มีประโยชน์อย่างไรบ้าง โดยเขียนประโยชน์เกี่ยวกับสถานการณ์ที่กำหนดให้ มาให้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (12.5 คะแนน)



## แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

### กิจกรรมที่ 4 การสร้างภาพ

**คำชี้แจง** ให้นักเรียนสร้างรูปภาพภาษาชนะบรรจุสารละลายตามจินตนาการ ตั้งชื่อภาพที่สร้างให้น่าสนใจ สื่อความกับภาพที่สร้าง พร้อมเขียนชื่อภาพไว้ด้านล่างของภาพ โดยสร้างรูปภาพและตั้งชื่อภาพให้มีความแปลกใหม่ น่าสนใจ แตกต่างจากคนอื่นให้มากที่สุด มีรูปแบบที่หลากหลาย และให้ได้จำนวนภาพมากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (25 คะแนน)

1.....2.....

3.....4.....

5.....6.....

7.....8.....

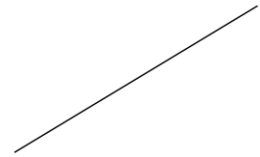
## แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

### กิจกรรมที่ 5 การต่อเติมรูปภาพ

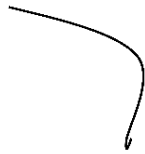
**คำชี้แจง** จากรูปที่ปรากฏให้นักเรียนใช้เวลา 10 นาที ในการสร้างภาพหรือสิ่งที่น่าสนใจขึ้นโดยพยายามคิดสิ่งแปลกใหม่ ที่ยังไม่มีใครคิดมาก่อน แล้วตั้งชื่อให้เหมาะสมกับภาพ (12.5 คะแนน)



1.....



2.....



3.....



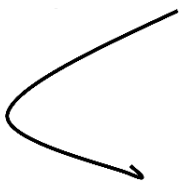
4.....



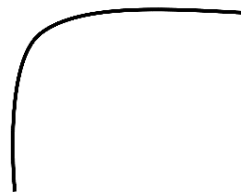
5.....



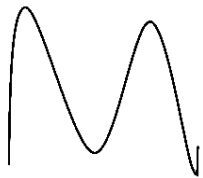
6.....



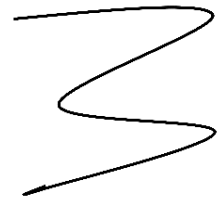
7.....



8.....



9.....


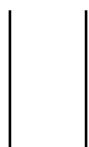





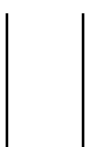
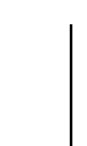
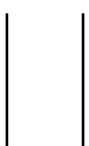


10.....

## แบบทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์

### กิจกรรมที่ 6 การใช้เส้น

- คำชี้แจง**
- ให้นักเรียนวาดภาพโดยต่อเติมจากเส้นคู่ขนาดที่กำหนดให้
  - ตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมให้น่าสนใจ สื่อความกับภาพที่ต่อเติม พร้อมเขียนชื่อภาพไว้ด้านล่างภาพ
  - ต่อเติมภาพและตั้งชื่อภาพให้แปลกใหม่และแตกต่างจากคนอื่นให้มากที่สุด ภายในเวลา 10 นาที (12.5 คะแนน)

 1.....	 2.....
 3.....	 4.....
 5.....	 6.....
 7.....	 8.....
 9.....	 10.....

## ใบประเมินความคิดสร้างสรรค์

กิจกรรม.....

ประเมินครั้งที่.....วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

**คำชี้แจง:** ให้ผู้สอนบันทึกคะแนนความคิดสร้างสรรค์จากการปฏิบัติกิจกรรมในแต่ละกิจกรรม

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	ความคิดสร้างสรรค์				คะแนน รวม (100)	คิดเป็น ร้อยละ (100)
		ความคิด คล่อง (25)	ความคิด ยืดหยุ่น (25)	ความคิด ริเริ่ม (25)	ความคิด ละเอียดลออ (25)		
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(นายพงศกร พลสุโพธิ์)

### เกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์

การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์จะพิจารณาจากเกณฑ์การให้คะแนนที่กำหนดโดย (Torrance, 2006) ซึ่งแต่ละรายการจะได้รับคะแนนสูงสุด 4 คะแนน ดังนี้

ความคิดสร้างสรรค์	คะแนน	คำอธิบาย
ความคิดคล่องแคล่ว	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาคำตอบได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาคำตอบได้ 1-2 ข้อ
	4	นักเรียนสามารถคิด/ หาคำตอบได้ตั้งแต่ 3 ข้อ ขึ้นไป
ความคิดยืดหยุ่น	0	นักเรียนไม่สามารถคิด/หาวิธีการได้
	2	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 1-2 วิธี
	4	นักเรียนสามารถคิด/หาวิธีการได้ 3 วิธี ขึ้นไป
ความคิดริเริ่ม	0	นักเรียนไม่ตอบ/ตอบแนวคิดทั่วไป/ ตอบแนวคิดทั่วไปและไม่มีความคิดริเริ่ม
	2	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร ในระดับปานกลาง
	4	นักเรียนมีแนวคิดที่ไม่เหมือนใคร มีความคิดที่แปลกใหม่
ความคิดละเอียดลออ	0	ไม่มีการเติมแต่งความคิดจากนักเรียน
	2	มีการเพิ่มแนวคิดง่าย ๆ จากนักเรียน
	4	มีความคิดที่ไม่ธรรมดาจากนักเรียน

### ระดับความคิดสร้างสรรค์

เกณฑ์คะแนน	ระดับความคิดสร้างสรรค์
68-100	สร้างสรรค์มาก (ระดับสูง)
34-67	สร้างสรรค์ปานกลาง (ระดับปานกลาง)
0-33	สร้างสรรค์ต่ำ (ระดับต่ำ)

ที่มา: Jamal, S. N. B., Ibrahim, N. H. B., Binti, N. D., & Alias, M. I. B.

(2020, p.755)

**แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน**  
**วิชาเคมี เรื่อง สารละลาย**

\*\*\*\*\*

**คำชี้แจง**

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก
2. มีข้อสอบทั้งหมด 30 ข้อ ใช้เวลาในการทำข้อสอบ 60 นาที
3. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว แล้วทำเครื่องหมาย

กากบาท (X) ลงในกระดาษคำตอบ ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
			X	

หากนักเรียนต้องการเปลี่ยนคำตอบในกระดาษคำตอบ ให้ทำเครื่องหมาย  
= ทับข้อที่ไม่ต้องการ แล้วจึงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงในช่องที่ต้องการ ดังตัวอย่าง

ข้อ	ก	ข	ค	ง
			✗	

4. ถ้านักเรียนไม่เลือกคำตอบ หรือเลือกมากกว่า 1 คำตอบ นักเรียนจะไม่ได้คะแนนในข้อนั้น
5. ห้ามทำเครื่องหมาย หรือขีดเขียนข้อความใด ๆ ลงในแบบทดสอบฉบับนี้
6. ห้ามลงมือทำข้อสอบ จนกว่าจะได้รับคำสั่งจากครูผู้ควบคุมห้องสอบ
7. ห้ามคัดลอก หรือนำแบบทดสอบฉบับนี้ออกจากห้องสอบเด็ดขาด
8. หากข้อสอบไม่ชัดเจน ข้อสอบไม่ครบ ขาดหายหรือมีปัญหาอื่นใดให้นักเรียนยกมือขึ้นเพื่อขอเปลี่ยนแบบทดสอบชุดใหม่กับครูผู้ควบคุมห้องสอบ

.....



1. ถ้ากรดไฮโดรคลอริก (HCl) 0.02 โมล ในสารละลาย 20 มิลลิลิตร กรดไฮโดรคลอริก มีความเข้มข้นกี่โมลต่อลิตร (ด้านความรู้ความเข้าใจ)
  - ก. 1 โมลต่อลิตร
  - ข. 2 โมลต่อลิตร
  - ค. 3 โมลต่อลิตร
  - ง. 4 โมลต่อลิตร
2. ถ้าโซเดียมคาร์บอเนต ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 160 กรัม ในสารละลาย 1 ลิตร โซเดียมคาร์บอเนต มีความเข้มข้นกี่โมลต่อลิตร กำหนดให้มวลโมเลกุล  $\text{Na} = 23$   $\text{C} = 12$   $\text{O} = 16$  (ด้านการคิดวิเคราะห์)
  - ก. 0.5 โมลต่อลิตร
  - ข. 1.5 โมลต่อลิตร
  - ค. 2.5 โมลต่อลิตร
  - ง. 3.5 โมลต่อลิตร
3. กรดเปอร์คลอริก ( $\text{HClO}_4$ ) มีความเข้มข้น 5% โดยปริมาตร ในน้ำ 100 มิลลิลิตร นักเรียนจะเลือกใช้สูตรในข้อใด ในการคำนวณหาปริมาณของกรดเปอร์คลอริก (ด้านการประยุกต์ใช้)
  - ก. ปริมาตรของ  $\text{HClO}_4$  = ร้อยละโดยปริมาตรของ  $\text{HClO}_4$ /ปริมาตรของสารละลาย $\times 100$
  - ข. ปริมาตรของ  $\text{HClO}_4$  = ร้อยละโดยปริมาตรของ  $\text{HClO}_4 \times$  ปริมาตรของสารละลาย $\times 100$
  - ค. ปริมาตรของ  $\text{HClO}_4$  = ร้อยละโดยปริมาตรของ  $\text{HClO}_4 -$  ปริมาตรของสารละลาย $\times 100$
  - ง. ปริมาตรของ  $\text{HClO}_4$  = ร้อยละโดยปริมาตรของ  $\text{HClO}_4 +$  ปริมาตรของสารละลาย $\times 100$
4. สารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) เข้มข้น 0.50 โมลต่อกิโลกรัม ถ้าสารละลายนี้มีโซเดียมคลอไรด์ละลายอยู่ 234 กรัม จะมีน้ำกี่กิโลกรัม (ด้านความรู้ความเข้าใจ)
  - ก. 1.00 กิโลกรัม
  - ข. 8.00 กิโลกรัม
  - ค. 16.00 กิโลกรัม
  - ง. 26.00 กิโลกรัม
5. ถ้าต้องการคำนวณหาความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 5.0 กรัม ในน้ำ 200 มิลลิลิตร นักเรียนจะเลือกใช้สูตร ข้อใดต่อไปนี้ (ด้านการประยุกต์ใช้)
  - ก. ร้อยละโดยมวล = มวลของตัวถูกละลาย/มวลของสารละลาย $\times 100$
  - ข. ร้อยละโดยปริมาตร = ปริมาตรของตัวถูกละลาย/ปริมาตรของสารละลาย $\times 100$

ค. ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร = มวลของตัวถูกละลาย/ปริมาตรของสารละลาย  
 $\times 100$

ง. ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร = ปริมาตรของตัวถูกละลาย/ปริมาตรของ  
 สารละลาย  $\times 100$

6. ถ้าต้องการคำนวณหาความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก ( $H_2SO_4$ ) 8 มิลลิลิตร ในน้ำ 90 มิลลิลิตร นักเรียนจะเลือกใช้สูตร ข้อใดต่อไปนี (ด้านการประยุกต์ใช้)

ก. ร้อยละโดยมวล = มวลของตัวถูกละลาย/มวลของสารละลาย  $\times 100$

ข. ร้อยละโดยปริมาตร = ปริมาตรของตัวถูกละลาย/ปริมาตรของสารละลาย  $\times 100$

ค. ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร = มวลของตัวถูกละลาย/ปริมาตรของสารละลาย  
 $\times 100$

ง. ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร = ปริมาตรของตัวถูกละลาย/ปริมาตรของ  
 สารละลาย  $\times 100$

7. ตัวทำละลายข้อใด เป็นสารละลายที่มีขี้ผึ้งมากที่สุด (ด้านการประเมินค่า)

ก. น้ำ

ข. น้ำมัน

ค. เฮกเซน

ง. อะซิโตน

8. ถ้านักเรียนต้องการสกัดน้ำมันเมล็ดขางพารา นักเรียนควรเลือกใช้ตัวทำละลายข้อใด เพื่อให้ได้น้ำมันมากที่สุด (ด้านการประเมินค่า)

ก. น้ำ

ข. เฮกเซน

ค. เอทานอล

ง. กรดไฮโดรคลอริก

9. ในการสกัดน้ำมันเมล็ดทานตะวันนิยมใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลาย และใช้วิธีสกัดแบบแช่ ถ้านักเรียนต้องการสกัดน้ำมันเมล็ดขางพารา นักเรียนจะออกแบบวิธีการสกัดและตัวทำละลายตามข้อใด เพื่อใช้งบประมาณในการสกัดน้อย และได้น้ำมันออกมามาก (ด้านความคิดสร้างสรรค์)

ก. Maceration ตัวทำละลายอะซิโตน

ข. Maceration ตัวทำละลายน้ำกลั่น

ค. Soxhlet Extractor ตัวทำละลายน้ำกลั่น

ง. Soxhlet Extractor ตัวทำละลายอะซิโตน

10. ถ้าต้องการคำนวณความเข้มข้นร้อยละของโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 109 กรัม ในน้ำ 250 กรัม นักเรียนจะเลือกใช้สูตรในข้อใด (ด้านการประยุกต์ใช้)
- ร้อยละโดยมวล = มวลของสารละลาย/มวลของตัวถูกละลาย $\times$ 100
  - ร้อยละโดยมวล = มวลของตัวถูกละลาย/มวลของสารละลาย $\times$ 100
  - ร้อยละโดยมวล = มวลของสารละลาย $\times$ มวลของตัวถูกละลาย $\times$ 100
  - ร้อยละโดยมวล = มวลของตัวถูกละลาย $\times$ มวลของสารละลาย $\times$ 100
11. สารละลายชนิดหนึ่งเตรียมโดยการผสมโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต (KMnO<sub>4</sub>) 5.0 กรัม กับน้ำจำนวน 100 กรัม เศษส่วนโมลของโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเท่ากับข้อใด (กำหนดให้ K = 39, Mn = 55 และ O = 16) (ด้านการคิดวิเคราะห์)
- 0.005
  - 0.006
  - 0.007
  - 0.008
12. จากสูตร  $C_1V_1 = C_2V_2$  ถ้ามว่า  $C_1$  คืออะไร (ด้านความรู้ความจำ)
- ความเข้มข้นของสารละลายก่อนเจือจาง
  - ความเข้มข้นของสารละลายหลังเจือจาง
  - ปริมาตรของสารละลายที่ต้องการเตรียม
  - ความเข้มข้นของสารละลายที่ต้องการเตรียม
13. ไบโอดีเซลข้อใด มีปริมาณกลีเซอรินอยู่ในหน่วยพันล้านส่วน มากที่สุด (ด้านการประเมินค่า)
- ไบโอดีเซล 2.0 กรัม มีกลีเซอริน 2.0 กรัม
  - ไบโอดีเซล 4.0 กรัม มีกลีเซอริน 3.0 กรัม
  - ไบโอดีเซล 6.0 กรัม มีกลีเซอริน 4.0 กรัม
  - ไบโอดีเซล 8.0 กรัม มีกลีเซอริน 5.0 กรัม
14. ตัวเร่งปฏิกิริยาข้อใด มีเมทานอลอยู่ในหน่วยล้านส่วน มากที่สุด (ด้านการประเมินค่า)
- ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง 1.0 กรัม มีเมทานอล 0.5 กรัม
  - ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง 2.0 กรัม มีเมทานอล 2.0 กรัม
  - ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง 4.0 กรัม มีเมทานอล 3.0 กรัม
  - ตัวเร่งปฏิกิริยาชนิดหนึ่ง 6.0 กรัม มีเมทานอล 4.0 กรัม

15. เกลือแกงชนิดหนึ่ง 20 กรัม เมื่อนำมาวิเคราะห์พบว่ามิโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) 15 กรัม แสดงว่าเกลือแกงมีมิโซเดียมคลอไรด์อยู่ที่ในหน่วยที่ล้านส่วน (ด้านความรู้ความเข้าใจ)
- ก.  $7.5 \times 10^5$  ส่วนในล้านส่วน      ข.  $7.5 \times 10^4$  ส่วนในล้านส่วน  
 ค.  $7.5 \times 10^3$  ส่วนในล้านส่วน      ง.  $7.5 \times 10^2$  ส่วนในล้านส่วน
16. ในปัจจุบันมีการนำน้ำมัน B20 มาใช้กับรถเครื่องยนต์ดีเซล เกิดจากการผสมน้ำมันดีเซล 80% ผสมไบโอดีเซล 20% ถ้านักเรียนต้องการผลิตน้ำมัน B30 นักเรียนจะออกแบบการผลิตน้ำมัน B30 โดยมีส่วนผสมของน้ำมันชนิดใดบ้าง (ด้านการคิดสร้างสรรค์)
- ก. น้ำมันดีเซล 70% ผสมน้ำมันปาล์ม 30%  
 ข. น้ำมันปาล์ม 70% ผสมไบโอดีเซล 30%  
 ค. น้ำมันดีเซล 70% ผสมไบโอดีเซล 30%  
 ง. น้ำมันไบโอดีเซล 70% ผสมน้ำมันเบนซิน 30%

หมายเลขในตารางต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 17

1. ชั่งสาร 3.01 กรัม	2. ชั่งสาร 4.00 กรัม
3. ชั่งสาร 146.1 กรัม	4. ชั่งสาร 164.1 กรัม
5. ละลายด้วยน้ำกลั่นในปิเกตอร์	6. เทสารละลายใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 200 มิลลิลิตร
7. ชะปิเกตอร์และแห้งแก้วคนด้วยน้ำกลั่นเทใส่ขวดวัดปริมาตร	8. ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนถึงขีดบอกปริมาตร
9. เทสารใส่ลงขวดวัดปริมาตรขนาด 500 มิลลิลิตร	10. เขย่าให้สารผสมกัน

17. ต้องการเตรียมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) 0.50 โมลต่อลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร กำหนดให้มวลต่อโมลของ Na = 23 O = 16 H = 1 (ด้านการคิดวิเคราะห์)
- ก. 2, 5, 6, 10, 8      ข. 2, 5, 6, 7, 8, 10  
 ค. 1, 5, 6, 7, 8, 10      ง. 1, 5, 6, 7, 10, 8

18. ถ้าต้องการเตรียมความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 3.0 โมลต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร นักเรียนจะเลือกใช้สูตร ข้อใดต่อไปนี่ (ด้านการประยุกต์ใช้)

ก.  $C_1V_2 = C_2V_2$

ข.  $n = CV/1000$

ค.  $g/M = CV/1000$

ง.  $m = W_1 \times 1000 / M_w \times W_2$

19. การผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์นิยมนำสารในข้อใด มาเป็นสารตั้งต้นของการผลิต (ด้านความรู้ความจำ)

ก. เอทานอล

ข. เมทานอล

ค. บิวทานอล

ง. ไอโซโพรพานอล

20. ปัจจุบันการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ปริมาณ 500 มิลลิลิตร นิยมใช้แอลกอฮอล์ 95% โดยผลิตเจลล้างมือความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 70–75% โดยนำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาณ 370 มิลลิลิตร ถ้านักเรียนต้องการผลิตเจลล้างมือแอลกอฮอล์ ปริมาตร 250 มิลลิลิตร ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ 80% นักเรียนจะมีวิธีการ ออกแบบ โดยนำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาณเท่ากับข้อใด (ด้านความคิดสร้างสรรค์)

ก. นำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาณ 210 มิลลิลิตร

ข. นำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาณ 310 มิลลิลิตร

ค. นำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาณ 420 มิลลิลิตร

ง. นำแอลกอฮอล์ 95% มาปริมาณ 510 มิลลิลิตร

21. ถ้าใช้โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต 0.69 กรัม ในการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้น 0.20 โมลต่อลิตร สารละลายที่ได้มีปริมาตรเท่ากับข้อใด (ด้านความรู้ความเข้าใจ)

ก. 21 มิลลิลิตร

ข. 51 มิลลิลิตร

ค. 71 มิลลิลิตร

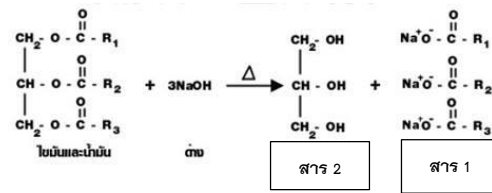
ง. 101 มิลลิลิตร

หมายเลขในกรอบต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถามข้อ 22–23

1) ได้ 2) ไม่ได้ 3) เพราะปริมาณที่ต้องใช้สาร 0.8 กรัม 4) เพราะปริมาณที่ต้องใช้ สาร 0.6 กรัม 5) เพราะปริมาณที่ต้องใช้สาร 10.2 กรัม 6) เพียงพอที่จะใช้เตรียม สารละลายที่มีความเข้มข้นและปริมาตรดังกล่าวได้ 7) ไม่เพียงพอที่จะใช้เตรียม สารละลายที่มีความเข้มข้นและปริมาตรดังกล่าวได้

22. ถ้ามีแบเรียมคลอไรด์ ( $\text{BaCl}_2$ ) 2.08 กรัม และต้องการเตรียมสารละลายเข้มข้น 0.010 โมลต่อลิตร ปริมาตร 400 มิลลิลิตร นักเรียนจะทำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด (กำหนดให้มวลโมเลกุลของ  $\text{BaCl}_2$  เท่ากับ 208.23 กรัมต่อโมล) (ด้านการคิดวิเคราะห์)
- ก. 1) 4) 6)                      ข. 2) 4) 7)  
 ค. 1) 3) 6)                      ง. 2) 5) 7)
23. ถ้ามีคอปเปอร์ (II) คลอไรด์ ( $\text{CuCl}_2$ ) 3.08 กรัม และต้องการเตรียมสารละลายเข้มข้น 0.020 โมลต่อลิตร ปริมาตร 250 มิลลิลิตร จะทำได้หรือไม่ เพราะเหตุใด (กำหนดให้มวลโมเลกุลของ  $\text{CuCl}_2$  เท่ากับ 134.44 กรัมต่อโมล) (ด้านการคิดวิเคราะห์)
- ก. 1) 4) 6)                      ข. 1) 3) 6)  
 ค. 2) 4) 7)                      ง. 2) 5) 7)
24. ปัจจุบันมีการนำมะนาวมาทำสบู่เป็นจำนวนมาก เนื่องจากมะนาวมีวิตามินซีสูง ช่วยให้ผิวสวย ถ้ามะนาวมีราคาแพงขึ้น นักเรียนจะออกแบบการเลือกใช้ผลไม้อื่นๆ มาทดแทน (ด้านความคิดสร้างสรรค์)
- ก. ส้ม มะขามป้อม ฝรั่ง  
 ข. แอปเปิล องุ่น แตงโม  
 ค. ชมพู บลูเบอร์รี่ มะปราง  
 ง. มะเขือเทศ อโวคาโด กระท้อน
25. ส่วนประกอบในการทำสบู่ เช่น ไชมัน/น้ำมัน ต่างเข้มข้น สารเติมแต่ง โดยเฉพาะไชมัน/น้ำมัน เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตสารตั้งต้นสบู่ ที่ได้จากพืช เช่น น้ำมันมะพร้าว ช่วยทำให้สบู่มีคุณภาพดี ครูจะให้นักเรียนออกแบบการทำสบู่ โดยครูกำหนดเงื่อนไข สบู่ต้องเนื้อก้อนแข็ง ให้ฟองมาก นักเรียนจะเติมสารข้อใด เพื่อให้สบู่มีประสิทธิภาพตามที่ครูกำหนด (ด้านความคิดสร้างสรรค์)
- ก. มะนาว นิยมใช้ให้เนื้อสบู่สีขาวทึบ เนื้อก้อนแข็ง ให้ฟองมาก  
 ข. ต่างเข้มข้น นิยมใช้ให้เนื้อสบู่สีขาวทึบ เนื้อก้อนแข็ง ให้ฟองมาก  
 ค. ไชมัน/น้ำมัน นิยมใช้ให้เนื้อสบู่สีขาวทึบ เนื้อก้อนแข็ง ให้ฟองมาก  
 ง. แอลกอฮอล์ นิยมใช้ให้เนื้อสบู่สีขาวทึบ เนื้อก้อนแข็ง ให้ฟองมาก

26. จากภาพสารชนิดที่ 1 และ 2 คือสารข้อใด (ด้านความรู้ความจำ)



- ก. น้ำมัน สบู่                      ข. สบู่ น้ำมัน  
 ค. สบู่ กลีเซอริน                  ง. กลีเซอรอล สบู่

27. สารละลายกรดแอสติคมีจุดเดือดเท่ากับข้อใด (ด้านความรู้ความจำ)

- ก. 98 °C                              ข. 118 °C  
 ค. 132 °C                            ง. 142 °C

28. ข้อใดคือจุดเยือกแข็งของน้ำ (ด้านความรู้ความจำ)

- ก. 1.0 °C                              ข. 0.0 °C  
 ค. -1.0 °C                            ง. -2.0 °C

29. สารละลายเมทานอล (CH<sub>3</sub>OH) ในน้ำเข้มข้น 2.50 โมแลล มีจุดเยือกแข็งเท่ากับข้อใด (กำหนดให้ K<sub>f</sub> ของน้ำเท่ากับ 1.86 °C/m จุดเยือกแข็งของน้ำเท่ากับ 0.00 °C) (ด้านความรู้ความเข้าใจ)

- ก. 2.65 °C                              ข. 4.65 °C  
 ค. -2.65 °C                            ง. -4.65 °C

30. สารละลายกรดแอสติค (CH<sub>3</sub>COOH) ในน้ำเข้มข้น 3.50 โมแลล มีจุดเยือกแข็งเท่ากับข้อใด (กำหนดให้ K<sub>f</sub> ของน้ำเท่ากับ 1.86 °C/m จุดเยือกแข็งของน้ำเท่ากับ 0.00 °C) (ด้านความรู้ความเข้าใจ)

- ก. -2.51 °C                              ข. -4.51 °C  
 ค. -6.51 °C                            ง. -8.51 °C

เฉลยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์  
โดยการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา  
เรื่อง สารละลาย

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



แบบสอบถามความพึงพอใจของนักเรียน

ต่อการจัดการเรียนรู้แบบสเต็มศึกษา

เรื่อง สารละลาย ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำเครื่องหมายถูก ให้ตรงกับความคิดเห็นของนักเรียน

ระดับ 5 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจปานกลาง

ระดับ 2 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจน้อย

ระดับ 1 หมายถึง นักเรียนพึงพอใจน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
<b>ด้านเนื้อหาสาระการเรียนรู้</b>					
1. ได้รับความรู้ เรื่อง สารละลาย ที่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ และผลการเรียนรู้					
2. เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้					
3. เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจและเกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
4. เนื้อหาสาระในแต่ละเรื่องมีความเหมาะสมกับเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้					
<b>ด้านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมการคิดสร้างสรรค์และการแก้ปัญหา					
6. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์					
7. กิจกรรมการเรียนรู้ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกความคิดสร้างสรรค์					
8. กิจกรรมการเรียนรู้ทำให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง					

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	1	2	3	4	5
<b>ด้านสื่ออุปกรณ์การเรียนรู้</b>					
9. สื่อและอุปกรณ์เพียงพอต่อการจัดการเรียนรู้					
10. สื่อและอุปกรณ์เหมาะสมกับการจัดกิจกรรม					
11. สื่อและอุปกรณ์ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ ความเข้าใจ และช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้					
12. สื่อและอุปกรณ์การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในวิชาอื่น ๆ ได้					
<b>ด้านการวัดและประเมินผล</b>					
13. วิธีการวัดประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์และกิจกรรมการเรียนการสอน					
14. นักเรียนมีส่วนร่วมในการวัดและการประเมินผล					
15. การวัดและประเมินผลเป็นไปตามระเบียบกฎเกณฑ์และข้อตกลงที่กำหนดไว้ล่วงหน้า					
16. การวัดและประเมินผลมีประสิทธิภาพและยุติธรรม					
<b>ด้านประโยชน์ที่ได้รับ</b>					
17. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่าย					
18. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจด้วยตนเองได้					
19. การจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง เช่น ความคิดสร้างสรรค์					
20. การจัดการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนตัดสินใจโดยใช้เหตุผลมากขึ้น					

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

ประวัติย่อของผู้วิจัย



### ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล นายพงศกร พลสุโพธิ์  
 วัน เดือน ปีเกิด 7 พฤศจิกายน 2539  
 ที่อยู่ปัจจุบัน 108 หมู่ 6 ตำบลหนองแวง อำเภอวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร

#### ประวัติการศึกษา

- พ.ศ. 2558 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนมัธยมวานรนิวาส  
 อำเภอวานรนิวาส จังหวัดสกลนคร
- พ.ศ. 2562 วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาเคมี  
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
- พ.ศ. 2564 ครุศาสตรมหาบัณฑิต (ค.ม.) สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร

#### ประวัติการทำงาน

- พ.ศ. 2564 – วิทยากร ค่ายจุดประกายความคิด พิชิตหัวข้อโครงการวิทยาศาสตร์  
 ณ โรงเรียนสว่างแดนดิน อำเภอสว่างแดนดิน จังหวัดสกลนคร
- วิทยากร ค่ายจุดประกายความคิด พิชิตโครงการ  
 ณ โรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร