



การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่  
21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

DEVELOPMENT OF STEAM EDUCATION ACTIVITY PACKAGE ON CHEMICAL BOND  
TO ENHANCE 21<sup>st</sup> CENTURY SKILLS ON LEARNING AND INNOVATION FOR HIGH  
SCHOOL

ถนอมขวัญ วัฒนยัณสาร

บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะใน  
ศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี  
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ  
ปีการศึกษา 2561  
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

DEVELOPMENT OF STEAM EDUCATION ACTIVITY PACKAGE ON CHEMICAL  
BOND TO ENHANCE 21<sup>st</sup> CENTURY SKILLS ON LEARNING AND  
INNOVATION FOR HIGH SCHOOL



A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements  
for MASTER OF EDUCATION (Chemistry)  
Faculty of Science Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่

21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ของ

ถนอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

ที่ปรึกษาหลัก

ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต)

(รองศาสตราจารย์ ดร.พรณี ลีกิจวัฒน์นะ)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้ง  
ประเสริฐ)

ชื่อเรื่อง	การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
ผู้วิจัย	ถนอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร
ปริญญา	การศึกษามหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปิยรัตน์ ตรีบัณฑิต

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี โดยใช้สถานการณ์ปัญหาขณะต้นเมือง โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัย คือ 1) พัฒนาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 2) เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนและหลังเรียนของกลุ่มทดลอง โดยใช้วิธีการทางสถิติ t-test for Dependent Samples 3) เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้วิธีการทางสถิติ t-test for Independent Samples 4) ศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก จำนวน 2 ห้องเรียน ที่ได้มาจากการเลือกตัวอย่างแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) แบ่งเป็น กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา 1 ห้องเรียน และกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) 1 ห้องเรียน โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี 2) แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม 3) แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี มีประสิทธิภาพ เท่ากับ 74.79/70.47 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ 70/70 ที่กำหนดไว้ 2) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่ากลุ่มควบคุม 4) กลุ่มทดลองมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน อยู่ในระดับดีมาก

คำสำคัญ : ชุดกิจกรรม, สะเต็มศึกษา, พันธะเคมี, ทักษะในศตวรรษที่ 21, นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

Title	DEVELOPMENT OF STEAM EDUCATION ACTIVITY PACKAGE ON CHEMICAL BOND TO ENHANCE 21 <sup>st</sup> CENTURY SKILLS ON LEARNING AND INNOVATION FOR HIGH SCHOOL
Author	TANOMKUAN WIBOONTANASARN
Degree	MASTER OF EDUCATION
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Assistant Professor Dr. Piyarat Doonbhundit

This research developed a STEAM Education activity package on chemical bond by using the problem of overflowing garbage. The purposes of this study are 1) to develop efficiency in terms of STEAM education activity package on chemical bond to enhance 21st century skills on learning and innovation for high school; 2) to compare 21st century skills on learning and innovation, including creativity and innovation between the pre- and post- sessions of the experimental group, and then analyzed using a t-test for dependent samples; 3) to compare 21st century skills on learning and innovation, specifically creativity and innovation between the experimental and control group, were analyzed with a t-test for independent samples; 4) to study 21st century skills on learning and innovation, including creativity and innovation as well as communication and collaboration. The sample was high school students with two rooms selected by cluster random sampling. The experimental group was taught by a STEAM education activity package. The control group was taught by inquiry-based learning (5E). The research instruments included 1) a STEAM education activity package; 2) creativity and innovation test; and 3) the assessment of creativity and innovation, communication and collaboration. The results revealed that: 1) The STEAM education activity package had an efficiency at 74.79/70.47 which was higher than the criteria of 70/70; 2) the experimental group had better 21st century skills on learning and innovation which included creativity and innovation in post-session compared to pre-session at a .05 level of significance; 3) the experimental group had better 21st century skills on learning and innovation which were creativity and innovation compared to the control group at a .05 level of significance and 4) the experimental group have 21st century skills on learning and innovation including creativity and innovation as well as communication and collaboration at a level of excellent.

Keyword : Activity Package, STEAM Education, Chemical Bond, 21st Century Skills, High School student

## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจาก ผู้วิจัยได้รับความเมตตากรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยรัตน์ ดร.บัณฑิต อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ที่คอยให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางในการทำวิจัย จนทำให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงอย่างสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์ ที่ให้ความกรุณาเป็นประธานในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ และกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา จิตรตั้งประเสริฐ ผู้ให้ความกรุณาเป็นกรรมการในการสอบปากเปล่าปริญญาานิพนธ์ ตลอดจนให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขให้ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แพน ทองเรือง และครูวรพงศ์ อินทะจักร ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยให้คำแนะนำ แง่คิดในการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องมือเป็นอย่างดี

ขอกราบขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สควค.) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนเงินทุนสำหรับการศึกษาและวิจัย จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ท้ายสุดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และสมาชิกในครอบครัวทุกท่านที่ให้การสนับสนุนทุนการศึกษาและคอยเป็นกำลังใจตลอดมา คุณค่าและประโยชน์จากการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณบิดามารดา ครูอาจารย์ ที่คอยอบรมสั่งสอน ประสิทธิ์ประสาทความรู้ทั้งปวงแก่ผู้วิจัยเสมอมา

ถนอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย .....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูปภาพ .....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง .....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย .....	5
ขอบเขตของการวิจัย .....	5
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	10
สมมุติฐานในการวิจัย .....	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธะเคมี .....	13
1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี .....	13
1.2 พันธะเคมี .....	16
1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธะเคมี .....	17
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education) .....	19
2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา .....	19



2.2 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา .....	21
2.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอน.....	24
2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา .....	24
2.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา .....	24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา.....	27
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEAM Education) ....	30
3.1 ที่มาและความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา .....	30
3.2 ประเภทศาสตร์ของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา .....	31
3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา.....	34
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม .....	35
4.1 ความหมายของชุดกิจกรรม.....	35
4.2 ประเภทของชุดกิจกรรม .....	36
4.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรม.....	37
4.4 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม .....	38
4.5 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม.....	40
4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม .....	40
5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 .....	41
5.1 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 .....	41
5.2 องค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21.....	44
5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21 .....	52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	54
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง .....	54
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	57

การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	73
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล .....	75
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	79
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	80
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	95
ความมุ่งหมายของการวิจัย .....	95
สมมติฐานในการวิจัย .....	96
วิธีดำเนินการวิจัย .....	96
สรุปผลการวิจัย .....	101
อภิปรายผลการวิจัย .....	102
ข้อเสนอแนะ .....	111
บรรณานุกรม .....	112
ภาคผนวก .....	120
ประวัติผู้เขียน .....	160

## สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	55
ตาราง 2 ข้อเสนอแนะจากการตรวจแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของผู้เชี่ยวชาญ .....	68
ตาราง 3 แบบแผนภาพการทดลอง Nonrandomized control group pretest - posttest design .....	74
ตาราง 4 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบกิจกรรมระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (E1) และค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (หลังเรียน) เรื่อง พันธะเคมี (E2) .....	81
ตาราง 5 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย .....	83
ตาราง 6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยแบ่งลำดับขั้นความคิดสร้างสรรค์ตามนิยามองค์ประกอบของกิลล์ฟอร์ด ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย .....	84
ตาราง 7 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) .....	87

ตาราง 8 แสดงคะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และระดับความสามารถของทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย .....	89
ตาราง 9 แสดงคะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และระดับความสามารถของทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย .....	92
ตาราง 10 แสดงค่าความเหมาะสมองค์ประกอบของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	125
ตาราง 11 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	127
ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม .....	129
ตาราง 13 แสดงค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.....	131
ตาราง 14 ผลการเปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม .....	134

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย .....	10
ภาพประกอบ 2 แผนภาพแสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม.....	23
ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิด STEAM Pyramid .....	32
ภาพประกอบ 4 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 .....	43
ภาพประกอบ 5 โครงสร้างเซลล์โลส.....	60
ภาพประกอบ 6 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่ม ทดลอง .....	86
ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน.....	90
ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างโปสเตอร์การนำเสนอชิ้นงาน.....	91
ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียน .....	91
ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างการนำเสนอชิ้นงาน .....	93
ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างการร่วมมือทำงาน.....	94

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ภูมิหลัง

ในปี ค.ศ.2016 สภาเศรษฐกิจโลก (World Economic Forum) คาดว่าแนวโน้มของตลาดแรงงานทั่วโลกจะประสบปัญหาในการจ้างงานเป็นอย่างมาก จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี การเพิ่มขึ้นของสังคมผู้สูงอายุ ทรัพยากรขาดแคลน รวมไปถึงการมีงานใหม่ ๆ ที่เพิ่มเข้ามาล้วนแต่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งส่งผลกระทบต่อการทำงานเปลี่ยนแปลงในการดำเนินชีวิตและการทำงานที่ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้นการว่าจ้างงานในยุคใหม่จะตัดสินจากทักษะ ความรู้ ความเชี่ยวชาญของบุคคลเป็นหลัก ทำให้มนุษย์จะต้องไม่หยุดที่จะพัฒนาศักยภาพของตนเองให้ทันต่อการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเริ่มต้นจากการพัฒนาระบบการศึกษาที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะสังคมจากการสร้างทักษะที่จำเป็นให้กับนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนสามารถรับมือกับโลกปัจจุบันที่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ดังนั้นจึงควรมีการจัดการศึกษาที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาและเติบโตได้เต็มศักยภาพ เพื่อเตรียมความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงสามารถออกไปทำงานสู่โลกอนาคตได้ ซึ่งทักษะที่จำเป็นในปี 2020 ประกอบไปด้วย การแก้ปัญหาที่ซับซ้อน (Complex problem solving) การคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) ความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) การบริหารบุคคล (People management) การร่วมมือกับผู้อื่น (Coordinating with others) ความฉลาดทางอารมณ์ (Emotional intelligence) การลงความเห็นและการตัดสินใจ (Judgement and Decision making) การใส่ใจความต้องการของลูกค้า (Service orientation) การต่อรอง (Negotiation) และความยืดหยุ่นทางปัญญา (Cognitive flexibility) (World Economic Forum, 2016)

ดังนั้นเพื่อรู้ให้เท่าทันในการเปลี่ยนแปลงการทำงานในอนาคต การจัดการเรียนการสอนของไทยจึงมีความพยายามจะปรับให้ไปในรูปแบบการสอนให้น้อยลง เรียนรู้ด้วยตนเองให้มากขึ้น (Teach Less, Learn More) ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงการจัดการเรียนรู้เป็นแบบ Active learning ที่ยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง (Student-centered) โดยการทำให้นักเรียนสามารถสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และมีครูเป็นเพียงผู้อำนวยความสะดวก ให้ข้อเสนอ พร้อมให้คำแนะนำกับนักเรียน เป็นการเน้นให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะที่หลากหลายเป็นสำคัญ ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ควรมีรูปแบบการจัดการเรียนรู้ในแบบบูรณาการสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) โดยมีการจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการผสมผสานเข้าด้วยกัน และให้นักเรียนสามารถนำไปเชื่อมโยงเข้ากับชีวิตประจำวัน เน้นทักษะการคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี

และมัลติมีเดีย ใช้หลักการเรียนรู้ที่เน้นการเรียนรู้แบบให้รู้จริง (Mastery learning) การเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติและการคิด (Learning by doing and thinking) และการทำงานเป็นทีม (Team learning) เพื่อเตรียมความพร้อมให้นักเรียนมีทักษะที่จำเป็นเพื่อให้ดำรงชีวิตและประกอบอาชีพได้ในสังคมที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (สสวท., 2559)

การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีทักษะที่หลากหลาย จึงควรจัดการเรียนรู้เป็นแบบการเรียนรู้เชิงบูรณาการและมีการจัดการเรียนรู้ที่น่าสนใจ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering and Mathematics, STEM Education) ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้ที่คล้ายกับกระบวนการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (Inquiry-based learning) ที่นักเรียนจะต้องสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (สนธิ พลชัยยา, 2557) เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่ได้รับความสะดวกและบุคลากรทางการศึกษาเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นการจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ ที่ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากการบูรณาการหลักการและศาสตร์เนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) กระบวนการทางวิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) สำหรับในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ครูจะเป็นผู้ที่มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากครูต้องมีความรู้พื้นฐาน และเห็นความสำคัญของการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (สสวท., 2559) ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวนั้นเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยแก้ปัญหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนไทยที่มีแนวโน้มลดลง (รักษพล ธนานุวงศ์, 2556) เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้จากประสบการณ์จริงในชีวิตประจำวันของนักเรียน (สุวินัย มงคลธารณ์, 2557) มีเป้าหมายสำคัญที่ต้องทำให้นักเรียนสามารถคิดแก้ปัญหาและการสร้างสรรค์นวัตกรรมใหม่ ๆ สามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้จากเนื้อหาบทเรียนไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน พร้อมทั้งทำให้นักเรียนเกิดทักษะการคิดขั้นสูง ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ การคิดแก้ปัญหา (Problem solving) การคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) และการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical thinking) ซึ่งเป็นทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 (สนธิ พลชัยยา, 2557) เนื่องจากความรู้วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ และทักษะในศตวรรษที่ 21 เป็นสิ่งสำคัญสำหรับนักเรียนที่จะเป็นส่วนหนึ่งของแรงงานในศตวรรษที่ 21 (Oner Ayse, Nite S., Capraro Robert, & Capraro Mary, 2016) และนักเรียนยังขาดทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Land Michelle H, 2013) ต่อมา Yakman Georgette (2008) ได้กล่าวถึงการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการตามแนวสะเต็มศึกษา (Science Technology Engineering Arts and Mathematics, STEAM Education) ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้รูปแบบใหม่ที่ได้พัฒนาจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยมีการ



เพิ่มวิชาศิลปะ (Arts) ซึ่งเป็นศาสตร์วิชาที่เกี่ยวข้องกับ รูปทรง รูปทรงแบบ สี สัน การออกแบบ ซึ่งเป็นส่วนที่ทำให้เกิดการสร้างสรรค์ชิ้นงาน โดยพบว่าเป็นส่วนที่ทำให้เนื้อหาวิชาอื่น ๆ มีความเชื่อมโยงกันมากขึ้น ดังนั้นจึงทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ความสัมพันธที่ให้เกิดการเรียนรู้ในเชิงลึก (Yakman Georgette, 2008) โดยประสบการณ์การเรียนรู้จะทำให้ให้นักเรียนเข้าใจถึงวิธีการเรียนรู้ และช่วยกระตุ้นการเรียนรู้ของนักเรียนในการเรียนรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (Kim., 2016) โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับสิ่งต่าง ๆ รวมทั้งยังเป็นแนวทางในการเรียนรู้ที่ทำให้ให้นักเรียนได้รับประสบการณ์การเรียนรู้ และทำให้ผลที่เกิดจากการเรียนการรู้นั้นมีความหมายสำหรับนักเรียน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ตามแนวบูรณาการสะเต็มศึกษาเริ่มเข้ามามีบทบาทที่สำคัญในการพัฒนาความสนใจของนักเรียนในการทำความเข้าใจเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากผลคะแนน TIMSS (Trends in International Mathematics and Science Study) และ PISA (Program for International Student Assessment) มีประสิทธิภาพสูง แต่นักเรียนกลับมีความสนใจในวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์น้อย (Sophia J., 2015) ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ผ่านกิจกรรม (Activity-based learning) หรือโครงงาน (Project-based learning) ตามแนวการจัดการเรียนรู้ สะเต็มศึกษาจะช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิด ทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ ทักษะการแก้ปัญหา และทักษะการสื่อสาร ซึ่งทำให้นักเรียนสามารถนำไปใช้ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างความคิดรวบยอดในศาสตร์ต่าง ๆ ได้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายต่อ นักเรียน เห็นความสัมพันธ์และคุณค่าของสิ่งที่เรียน รวมทั้งแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ประกอบกับในปัจจุบันเป็นยุคที่มีความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสารสนเทศ ซึ่งเห็นได้จากอุปกรณ์เทคโนโลยีสารสนเทศที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้นักเรียน ทำให้สามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารได้ง่าย และสามารถสืบค้นข้อมูลได้ด้วยตนเอง อย่างสะดวกรวดเร็ว ตลอดจนการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นไปตามแนวพระราชบัญญัติการศึกษา 2542 ที่มุ่งเน้นให้มีการจัดการเรียนรู้แบบองค์รวม โดยมีการบูรณาการเพื่อลดความซ้ำซ้อนของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ (สสวท., 2559)

วิชาเคมี เป็นศาสตร์หนึ่งที่มีความยุ่งยากซับซ้อน และทำความเข้าใจในเนื้อหาวิชาได้ยาก ดังนั้นนักเรียนจำนวนมากจึงคิดว่าวิชาเคมียากเกินกว่าความสามารถของตนเอง และไม่สามารถนำมาเชื่อมโยงเข้ากับชีวิตประจำวัน (Chittleborough Gail, 2014) โดยเฉพาะเนื้อหาเรื่องพันธะเคมีซึ่งเป็นหนึ่งในพื้นฐานของวิชาเคมี และหัวข้อเรื่องพันธะโคเวเลนต์ซึ่งถือว่าเป็นหัวใจหลักสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา (Turner Kristy L, 2016) ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ต้องอาศัยจินตนาการ เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จากความเข้าใจดังกล่าวอาจทำให้



นักเรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน และไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของเนื้อหาออกมาเป็นรูปธรรมได้

จากการค้นคว้าการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง พันธะเคมี เช่น การใช้แบบจำลองความคิด เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (ณัชชฎา เกื้อทาน, 2554) การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม เพื่อศึกษาแนวคิดเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (อรุวรรณ จันทร์ฟู, 2554) และการสำรวจงานในมิติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารโคเวเลนต์และไอออนิก โดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับบัตรแสดงพันธะเคมี (อัชญ์รัตน์ ศิริ, 2558) พบว่า การจัดการเรียนรู้ในวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี มีหลากหลายวิธีการ แต่ยังขาดการบูรณาการศาสตร์วิชาเข้าด้วยกัน และยังไม่สามารถเชื่อมโยงเนื้อหาเข้ากับสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันได้ ดังนั้น จึงควรต้องมีการจัดการเรียนการสอนที่สามารถมองเห็นเป็นรูปธรรมและมีความน่าสนใจ รวมถึงจะต้องนำมาเชื่อมโยงกับเนื้อหาให้มีความสอดคล้องกัน ส่งผลให้นักเรียนสามารถเข้าใจในเนื้อหาได้ง่ายขึ้น โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถแก้ไขปัญหานี้ได้

จากการค้นคว้าข้อมูลดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดและมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษาวิชาเคมี โดยใช้เนื้อหาวิชาเคมี สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร เรื่อง พันธะเคมี พร้อมทั้งสามารถส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน

### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E)

4. เพื่อศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

### **ความสำคัญของการวิจัย**

การวิจัยครั้งนี้ได้พัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการบูรณาการเนื้อหาความรู้จากวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และคณิตศาสตร์ผสมผสานเข้าด้วยกันผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเกิดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม

### **ขอบเขตของการวิจัย**

#### **ประชากรที่ใช้ในการวิจัย**

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ทั้งหมด 3 ห้องเรียน

#### **กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย**

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 แผนการเรียน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ ได้จากการเลือกแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) จำนวน 2 ห้องเรียน ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนจำนวน 61 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มทดลอง นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 35 คน

กลุ่มควบคุม นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะเคมี (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้; Inquiry-based learning, 5E) จำนวน 26 คน

### ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2. ตัวแปรตาม แบ่งเป็นดังนี้

2.1 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.2 ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ประกอบด้วย 2 ด้าน คือ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน

### เนื้อหา

เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ เนื้อหาในชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามแบบเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 สารที่ 3 สารและสมบัติของสาร และมาตรฐานการเรียนรู้ ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องพันธะเคมี

### ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยคือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยใช้เวลารวมทั้งหมด 9 คาบเรียน (คาบเรียนละ 50 นาที) รวมการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ในช่วงเดือน สิงหาคม – กันยายน 2561

## นียมศัพท์เฉพาะ

1. ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง ชุดกิจกรรมวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ผ่านการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา มีรูปแบบการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการข้ามกลุ่มสาขาวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถบูรณาการความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดได้แก่ สถานการณ์ปัญหาขยะล้นเมือง โดยมีบูรณาการ ดังนี้

1.1 วิทยาศาสตร์ (Science, S) เนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง พันธะเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วยเรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

1.2 เทคโนโลยี (Technology, T) การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลในชุดกิจกรรม การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ และการใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอชิ้นงาน เช่น คอมพิวเตอร์ โทรศัพท์มือถือ

1.3 วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering, E) การใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในการออกแบบชิ้นงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1.3.1 การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาขยะล้นเมืองที่กำหนดในชุดกิจกรรม เพื่อวิเคราะห์ระบุปัญหาที่พบอภิปราย และหาแนวทางแก้ไข

1.3.2 การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาเพื่อเลือกแนวคิดที่ดีที่สุดในการสร้างชิ้นงานจากกระดาษรีไซเคิล

1.3.3 การวางแผนและการพัฒนา (Plan and Develop) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันทำงานโดยนำแนวคิดที่เกี่ยวข้องมาวางแผนการทำงาน ออกแบบชิ้นงานสร้างชิ้นงานจากกระดาษรีไซเคิล

1.3.4 การทดสอบและการประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมาทดสอบและประเมินเพื่อนำผลที่ได้ปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงานให้มีประสิทธิภาพ

1.3.5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) เป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำชิ้นงานมานำเสนอ โดยทำการออกแบบวิธีการนำเสนอให้มีความเข้าใจง่ายและมีความน่าสนใจ

1.4 ศิลปะ (Arts, A) การออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงานให้มีรูปแบบที่มีความแปลกใหม่ มีสีสันสวยงาม การออกแบบการนำเสนอชิ้นงาน และการใช้ภาษาในการสื่อสารและการนำเสนอชิ้นงาน

1.5 คณิตศาสตร์ (Mathematics, M) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างโมเลกุลกับสมบัติของโมเลกุล (เช่น สภาพขั้วของโมเลกุล ทิศทางโมเลกุล จุดเดือด และจุดหลอมเหลวของสารโคเวเลนต์) การคำนวณพลังงานพันธะ การเปรียบเทียบรูปร่างโมเลกุล และการเปรียบเทียบจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารโคเวเลนต์

โดยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จะประกอบด้วย

1. ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประกอบด้วย 1 กิจกรรมซึ่งประกอบด้วยคำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม จุดประสงค์ของชุดกิจกรรม ใ้ความรู้ สถานการณ์ที่กำหนดให้ แบบบันทึกกิจกรรม และคำถามท้ายกิจกรรม

2. ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ฉบับคู่มือครู) ซึ่งประกอบด้วย คำชี้แจงการใช้ชุดกิจกรรม แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แนวคำตอบของคำถามท้ายกิจกรรม เฉลยของแบบทดสอบกิจกรรมการเรียนรู้

**2. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills)** หมายถึง ทักษะพื้นฐานที่สำคัญในการพัฒนานักเรียน เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตรประจำวัน และเพื่อเตรียมความพร้อมของนักเรียนในการเข้าสู่โลกของการทำงาน ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ด้านการคิดเชิงวิพากษ์ และการแก้ปัญหา และด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน โดยการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา 2 ด้าน ดังนี้

2.1. ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) หมายถึง นักเรียนสามารถใช้ความคิดและแนวคิดที่หลากหลายในการทำงานอย่างสร้างสรรค์ ประเมินโดยการใช้แบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์

และนวัตกรรม มีลักษณะเป็นข้อสอบอัตนัยแบบสถานการณ์ จำนวน 2 สถานการณ์ สถานการณ์ ละ 3 ข้อ ประกอบด้วยองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลล์ฟอร์ด 4 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยดัดแปลงเกณฑ์การ ให้คะแนนจากทอแรนซ์ (Torrance. 1969) และแบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมใน ศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดัดแปลงมาจาก Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning (2015) และ Buck institute for education (2015) โดยประเมินตามสภาพ จริงตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ ด้านการทำงานอย่างสร้างสรรค์ และด้าน การสร้างสรรค์นวัตกรรม

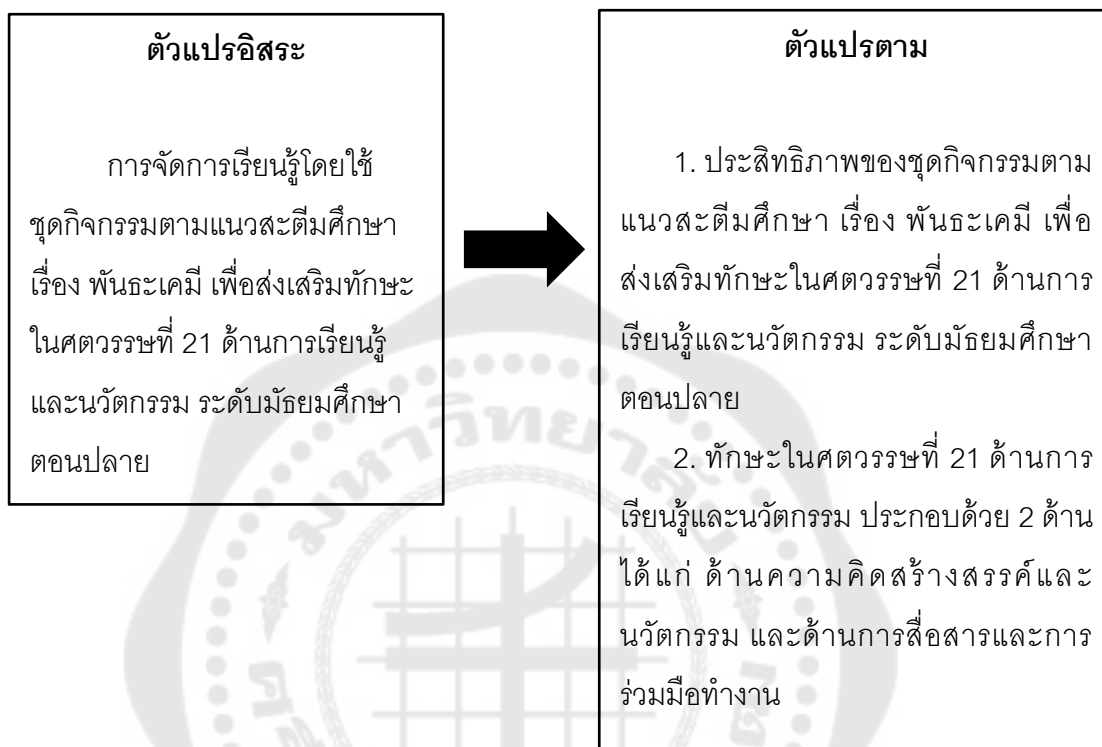
2.2 ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน หมายถึง นักเรียนสามารถสื่อสารได้ อย่างชัดเจน และเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงานเป็นกลุ่ม โดยใช้แบบประเมินทักษะการ เรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ดัดแปลงมาจาก Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning (2015) และ Buck institute for education (2015) โดย ประเมินตามสภาพจริงตามเกณฑ์การให้คะแนนแบบมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับที่ ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการสื่อสารอย่างชัดเจน และด้านการร่วมมือ ทำงาน

**3. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อ ส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอน ปลาย** หมายถึง ผลที่ได้รับจากการใช้กิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เป็นไปตาม เกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งในการวิจัยครั้งนี้ ชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นต้องมีประสิทธิภาพ  $E_1/E_2$  ตามเกณฑ์ 70/70 โดย 70 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากไปกิจกรรมระหว่างดำเนินการ จัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ส่วน 70 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลัง การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (หลังเรียน) เรื่อง พันธะเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย



## กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สร้างกรอบแนวคิดการวิจัย ดังนี้



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

## สมมุติฐานในการวิจัย

1. ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 70/70

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน อยู่ในระดับดีขึ้น





## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ พันธะเคมี
  - 1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี
  - 1.2 พันธะเคมี
  - 1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธะเคมี
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education)
  - 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
  - 2.2 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา
  - 2.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอนของสะเต็มศึกษา
  - 2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา
  - 2.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
  - 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEAM Education)
  - 3.1 ที่มาและความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
  - 3.2 ประเภทศาสตร์ของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
  - 3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา
4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม
  - 4.1 ความหมายของชุดกิจกรรม
  - 4.2 ประเภทของชุดกิจกรรม
  - 4.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรม
  - 4.4 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม
  - 4.5 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม
  - 4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

## 5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

5.1 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

5.2 องค์ประกอบของทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

5.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

## 1. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธะเคมี

### 1.1 วิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหาสาระการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี

จากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ได้มีการสร้างกรอบและทิศทางในการพัฒนาหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาให้นักเรียนมีคุณภาพตามมาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัดตามสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สำหรับงานวิจัยนี้ได้ศึกษามาตรฐานการเรียนรู้ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ในวิชาเคมี เรื่องพันธะเคมี ตาม สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และสาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน โดยมีเนื้อหาในการวิจัยประกอบด้วย

#### 1.1.1 การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์

1.1.1.1 การเกิดพันธะโคเวเลนต์ เกิดจากอะตอมของธาตุ 2 อะตอม เข้าใกล้กันจะเกิดแรงดึงดูดระหว่างอิเล็กตรอนกับโปรตอนในนิวเคลียสของทั้ง 2 อะตอม และมีแรงผลักระหว่างโปรตอนกับโปรตอนและระหว่างอิเล็กตรอนกับอิเล็กตรอนของแต่ละอะตอม เมื่ออะตอมทั้ง 2 อะตอมเข้าใกล้กันในระยะที่เหมาะสมและมีพลังงานศักย์ต่ำที่สุด อะตอมของธาตุทั้ง 2 อะตอมจะมีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกันเกิดเป็นโมเลกุลโคเวเลนต์

1.1.1.2 กฎออกเตต (Octet rule) หมายถึง อะตอมของธาตุต่าง ๆ ที่มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนไม่เท่ากับ 8 ดังนั้น อะตอมจึงรวมตัวกับอะตอมของธาตุอื่นเพื่อทำให้มีเวเลนซ์อิเล็กตรอนของแต่ละอะตอมเท่ากับ 8 หรือมีจำนวนอิเล็กตรอนเท่ากับแก๊สเฉื่อย

1.1.1.3 ชนิดของพันธะโคเวเลนต์เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน ประกอบด้วย พันธะเดี่ยว มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เช่น  $H_2$   $Cl_2$  เป็นต้น พันธะคู่ มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 2 คู่ เช่น  $O_2$  พันธะสาม มีการใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน 3 คู่ เช่น  $N_2$  และพันธะโคออร์ดิเนตโคเวเลนต์ (Co-ordinated covalent bond) อิเล็กตรอนมาจากอะตอมใดอะตอมหนึ่งเท่านั้น ซึ่งอิเล็กตรอนคู่ที่ใช้ร่วมกันในการเกิดพันธะ เรียกว่า อิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ (Bonded pair electrons) และอิเล็กตรอนที่ไม่เกิดพันธะ เรียกว่า อิเล็กตรอนโดดเดี่ยว (lone pair electrons) ถ้ารวมกันเป็นคู่ เรียกว่า อิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว

#### 1.1.2 ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ

1.1.2.1 ความยาวพันธะ คือ ระยะห่างที่สั้นที่สุดระหว่างนิวเคลียสของอะตอมคู่หนึ่งที่สามารถสร้างพันธะต่อกันเกิดเป็นโมเลกุล ความยาวพันธะระหว่างอะตอมคู่เดียวกัน จะขึ้นอยู่กับจำนวนอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะ และชนิดของสารประกอบ เมื่อเปรียบเทียบความยาวพันธะ พันธะสามสั้นกว่าพันธะคู่และพันธะคู่สั้นกว่าพันธะเดี่ยว

1.1.2.2 พลังงานพันธะ คือ พลังงานปริมาณน้อยที่สุดที่ใช้สลายพันธะระหว่างอะตอมคู่หนึ่ง ภายในโมเลกุลที่อยู่ในสถานะแก๊สให้เป็นอะตอมเดี่ยว เมื่อเปรียบเทียบพลังงานพันธะ พันธะสามมีพลังงานมากกว่าพันธะคู่และพันธะคู่มากกว่าพันธะเดี่ยว และพลังงานของปฏิกิริยา ( $\Delta H$ ) คำนวณได้จากผลรวมของพลังงานที่ต้องใช้สลายพันธะในสารตั้งต้น กับผลรวมของพลังงานที่คายออกเมื่อสร้างพันธะใหม่ในผลิตภัณฑ์

1.1.3 เรโซแนนซ์ การเกิดเรโซแนนซ์ เป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้สารชนิดหนึ่งสามารถเขียนโครงสร้างลิวอิสได้มากกว่า 1 แบบ แต่ทุกแบบนี้ไม่ถือว่าเป็นโครงสร้างที่แท้จริงของสารนั้น

#### 1.1.4 รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์

พิจารณารูปร่างของโมเลกุลโดยใช้ทฤษฎีการผลักระหว่างคู่อิเล็กตรอนที่อยู่ในวงเวเลนซ์ (Valence Shell Electron Pair Repulsion model หรือ VSEPR) โดยสามารถเขียนสูตรได้เป็น  $AB_mE_n$  (เมื่อ A เป็นอะตอมกลาง B เป็นอะตอมหรือหมู่อะตอมที่ยึดอยู่กับ A โดยใช้พันธะโคเวเลนต์ E เป็นคู่อิเล็กตรอนที่ไม่สร้างพันธะ m เป็นจำนวนคู่อิเล็กตรอนที่ใช้สร้างพันธะ และ n เป็นจำนวนคู่อิเล็กตรอนที่ไม่ใช้สร้างพันธะ)

โมเลกุลของอะตอมกลางที่ไม่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว  $AB_2$  (เส้นตรง)  $AB_3$  (สามเหลี่ยมแบนราบ)  $AB_4$  (ทรงสี่หน้า)  $AB_5$  (พีระมิดคู่ฐานสามเหลี่ยม)  $AB_6$  (ทรงแปดหน้า)

โมเลกุลของอะตอมกลางที่มีอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยว  $AB_2E$  (มุมงอ)  $AB_3E$  (พีระมิดฐานสามเหลี่ยม)  $AB_2E_2$  (มุมงอ)  $AB_4E$  (ทรงสี่หน้าบิดเบี้ยว)  $AB_3E_2$  (รูปตัวที)  $AB_2E_3$  (เส้นตรง)  $AB_5E$  (พีระมิดฐานสี่เหลี่ยม)  $AB_4E_2$  (สี่เหลี่ยมแบนราบ)

พิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุลโดยใช้ค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (Electronegativity, EN) แบ่งออกเป็นพันธะโคเวเลนต์มีขั้ว เกิดจากอะตอมของธาตุที่มีค่า EN ต่างกัน และพันธะโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว เกิดจากอะตอมของธาตุที่มีค่า EN เท่ากัน

#### 1.1.5 แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

1.1.5.1 แรงลอนดอน (London force) เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ทุกชนิด ซึ่งเป็นแรงอ่อน ๆ และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลหรือขนาดโมเลกุล

1.1.5.2 แรงดึงดูดระหว่างขั้ว (Dipole-dipole force) เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลมีขั้ว ซึ่งเกิดจากแรงกระทำระหว่างขั้วที่มีอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างบวกกับขั้วไฟฟ้าที่มีอำนาจไฟฟ้าค่อนข้างลบของโมเลกุลที่อยู่ใกล้กัน

1.1.5.3 พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ที่มีความแรงมากกว่าแรงดึงดูดระหว่างขั้ว เกิดจากอะตอมของไฮโดรเจนยึดเหนี่ยวกับอะตอมของธาตุที่มีขนาดเล็กและมีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN) สูง ได้แก่ F O และ N

#### 1.1.6 สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย

สารโคเวเลนต์โครงผลึกร่างตาข่าย เป็นสารโคเวเลนต์บางชนิดที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่ มีจุดเดือด และจุดหลอมเหลวสูงกว่าสารโคเวเลนต์ทั่วไป เนื่องจากอะตอมในโมเลกุลสร้างพันธะโคเวเลนต์ยึดเหนี่ยวกันทั้งสามมิติเกิดเป็นโครงสร้างคล้ายตาข่าย เช่น คาร์บอนในอัญมณีของเพชรหรือแกรไฟต์ และซิลิกอนไดออกไซด์ ( $SiO_2$ ) หรือ ซิลิกา

## 1.2 พันธะเคมี

### 1.2.1 ความหมายของพันธะเคมี

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2559) ได้ให้ความหมายของพันธะเคมี ว่าหมายถึง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมกับอะตอมหรือไอออนกับไอออนในโมเลกุลหรือสารประกอบ

จากความหมายของพันธะเคมีที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้ยึดตาม สสวท เนื่องจากเป็นหนังสือหลักในการประกอบการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ซึ่งสรุปได้ว่า พันธะเคมี หมายถึง แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมกับอะตอมหรือไอออนกับไอออนในโมเลกุลหรือสารประกอบ

### 1.2.2 ประเภทของพันธะเคมี : พันธะโคเวเลนต์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ (2559) ได้แบ่งประเภทของพันธะเคมี ไว้ดังนี้ พันธะไอออนิก พันธะโคเวเลนต์ และพันธะโลหะ ซึ่งผู้วิจัยได้จัดทำชุดกิจกรรมขึ้นประกอบด้วยเนื้อหาเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ได้กล่าวถึงพันธะโคเวเลนต์ไว้ว่า เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน โดยใช้ อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เกิด 1 พันธะ โดยอะตอมที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันอาจเป็นอะตอมชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันแต่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN) ใกล้เคียงกัน และมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) สูงทั้งคู่

Brown TL, LeMay HE, Bursten BE, and Murphy CJ (2009) ได้กล่าวถึงพันธะโคเวเลนต์ไว้ว่า เป็นการใช้คู่ของอิเล็กตรอนร่วมกันระหว่างอะตอมสองอะตอม โดยการใช้คู่ของอิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เรียก พันธะเดี่ยว (Single bond) เช่น โมเลกุล  $H_2$ , 2 คู่ เรียก พันธะคู่ (Double bond) เช่น โมเลกุล  $CO_2$  และ 3 คู่ เรียก พันธะสาม (Triple bond) เช่น โมเลกุล  $N_2$

ซาง เรย์มอนด์ (2560) ได้กล่าวถึงพันธะโคเวเลนต์ไว้ว่า เป็นพันธะที่อิเล็กตรอน 2 ตัวถูกใช้ร่วมกันโดย 2 อะตอม

จากความหมายของพันธะโคเวเลนต์ที่กล่าวมา ผู้วิจัยได้ยึดตาม สสวท เนื่องจากเป็นหนังสือหลักในการประกอบการจัดการเรียนรู้ในชั้นเรียน ซึ่งสรุปได้ว่า พันธะโคเวเลนต์ หมายถึง เป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอะตอมสองอะตอมใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนร่วมกัน โดยใช้ อิเล็กตรอนร่วมกัน 1 คู่ เกิด 1 พันธะ โดยอะตอมที่ใช้อิเล็กตรอนร่วมกันอาจเป็นอะตอมชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันแต่มีค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี (EN) ใกล้เคียงกัน และมีพลังงานไอออไนเซชัน (IE) สูงทั้งคู่

### 1.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพันธะเคมี

#### งานวิจัยในประเทศ

ณัฏฐฤต เกื้อทาน (2554) ได้ศึกษาเรื่อง แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแบบจำลองความคิด เรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้แบบวัดแบบจำลองความคิด เป็นข้อคำถามปลายเปิด ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองความคิดไม่ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์โดยจัดอยู่ในกลุ่มแบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องในหัวข้อต่อไปนี้ การเกิดพันธะไอออนิก การนำไฟฟ้าของสารประกอบไอออนิก การเกิดพันธะโคเวเลนต์ รูปร่างโมเลกุล สภาพขั้วของโมเลกุล แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล การนำไฟฟ้าสารโคจรผลึกว่างตาข่าย การเกิดพันธะโลหะ และการนำไฟฟ้าของโลหะ

อรรวรรณ จันทร์ฟู (2554) ได้ศึกษาเรื่อง แนวคิดเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา 4 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม และแบบวัดแนวคิดเรื่องพันธะเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนยังมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ สภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และสารโคเวเลนต์โคจรผลึกว่างตาข่าย

อัชญ์รัตน์ ศิริ (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การสำรวจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารโคเวเลนต์และไอออนิก โดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับบัตรแสดงพันธะเคมี โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ มโนคติที่คลาดเคลื่อน และมโนคติที่ผิดของนักเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนคติแบบปรนัย แบบวัดผลสัมฤทธิ์แบบอัตนัย และแผนการจัดการเรียนรู้โดยเทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับสื่อการเรียนรู้บัตรแสดงพันธะเคมี ผลการวิจัยพบว่า มโนคติที่ถูกต้องของนักเรียน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญ .05

ไชยา พรหมใส, ประนอม แซ่จึ้ง, and กานต์ตะวัน วุฒิสเสลา (2015) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนคติเรื่อง รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ ด้วยเทคโนโลยีออกเมนต์เรียลลิตี้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนคติของนักเรียน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ใบกิจกรรม และแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความก้าวหน้าทางการเรียนอยู่ในระดับปานกลาง นักเรียนสามารถเขียนรูปร่างโมเลกุลได้ถูกต้อง แต่ยังมีมโนคติที่คลาดเคลื่อนในเรื่องสภาพขั้วพันธะ



พัศยา สันสน and กานต์ตะวันรัตน์ วุฒิเสลา (2015) ได้ศึกษาการพัฒนาโนมตี วิทยาศาสตร์ เรื่อง รูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยกลวิธีจำลอง-สังเกต-สะท้อนกลับ-อธิบาย สำหรับ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีโนมตีวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อน เรียน มีโนมตีที่ผิดและคลาดเคลื่อนลดลง และมโนมตีที่ผิดมากที่สุดคือ การอธิบายโครงสร้าง โมเลกุลโคเวเลนต์

สิทธิศักดิ์ พสุมาตร (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน ร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไข แนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ โดยใช้แผนการจัดการ เรียนรู้ แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แบบวิเคราะห์แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนลดลง ซึ่งสามารถแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนเรื่อง พันธะโคเวเลนต์ได้

#### งานวิจัยต่างประเทศ

Kakisako Mami et al. (2016) ได้ศึกษาเรื่องขั้นตอนการตรวจสอบน้ำกระด้างใน ห้องปฏิบัติการเคมีของโรงเรียนมัธยมศึกษา โดยศึกษาการออกแบบการเรียนรู้วิธีการไทเทรตแบบ คอมพิวเตอร์เมทริก ซึ่งใช้สำหรับการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของสบู่และผงซักฟอกใน น้ำกระด้างและวิธีการวัดด้วยสี เพื่อตรวจสอบความเข้มข้นของแคลเซียมไอออนในน้ำกระด้างด้วย ชุดทดสอบ เมื่อผ่านรูปแบบการเรียนรู้ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การเลือกตัวอย่างน้ำ โฟมของ ผงซักฟอกในน้ำ การตรวจวัดความเข้มข้นของ  $Ca^{2+}$  การตรวจวัดปริมาณความเข้มข้นทั้งหมดของ  $Ca^{2+}$  และ  $Mg^{2+}$  และการคำนวณความกระด้างของน้ำ นักเรียนจะสามารถพัฒนาแบบจำลองที่ อธิบายแนวคิดความเข้าใจทางเคมีได้

Kumpha Phatcharanat, Suwanno Pisan, and Treagus (2014) ได้ศึกษา เรื่อง ความเข้าใจของแนวคิดเกี่ยวกับพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ แบบทดสอบแบบเลือกตอบ 2 ชั้น ผลการวิจัยพบว่า มีนักเรียนจำนวนมากที่มีปัญหาในการทำ ความเข้าใจแนวคิดเรื่องพันธะเคมี และการทดสอบแบบเลือกตอบ 2 ชั้นยังไม่เพียงแต่ระบุความไม่ เข้าใจของนักเรียน แต่ยังวิเคราะห์ความเข้าใจผิดของนักเรียนเพื่อใช้ในการพัฒนาผลการเรียนรู้ ของนักเรียน

Luxford Cynthia J. and Bretz Stacey Lowery (2014) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาการสร้างตัวแทนพันธะเพื่อระบุแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกี่ยวกับตัวแทนเรื่องพันธะโคเวเลนต์และพันธะไอออนิก ประกอบด้วยเรื่องแนวโน้มตารางธาตุ แรงดึงดูดระหว่างอะตอม ลักษณะพื้นผิว และกฎออกเตต โดย BRI (Bonding Representations Inventory) ที่ถูกออกแบบขึ้นเพื่อประเมินแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนสามกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่ม GC และ AP Chem มีประสิทธิภาพสูงกว่านักเรียนกลุ่ม HS Chem

Kiste Alan L., Hooper Rebecca G., Scott Gregory E., and Bush Seth D. (2016) ได้ศึกษาเรื่อง Atomic Tiles เพื่อใช้สำหรับทำนายพันธะและโครงสร้างโมเลกุล มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ให้นักเรียนใช้สร้างโมเลกุลของพันธะเคมี วาดโครงสร้างลิวอิส กิจกรรมประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบจำนวนเวเลนซ์อิเล็กตรอนและพันธะ การสร้าง Atomic tiles และเขียนโครงสร้างลิวอิสแบบจุด การตรวจสอบไอโซเมอร์ และหมู่ฟังก์ชัน และการแปลรูปร่างเป็นสามมิติ ผลการวิจัยพบว่ากิจกรรมนี้ประเมินเกี่ยวกับโครงสร้างโมเลกุลที่ซับซ้อนได้ และสามารถนำไปใช้ในการตรวจสอบประจุฟอร์มัล และแนวโน้มในตารางธาตุต่อไปได้

Turner Kristy L (2016) ได้ศึกษาเรื่อง การออกแบบจำลองทางกายภาพที่มีประสิทธิภาพเพื่อพัฒนาความเข้าใจของนักเรียน เรื่องพันธะโคเวเลนต์ ในการใช้กฎออกเตต ผลการวิจัยพบว่า แบบจำลองในกิจกรรมเป็นประโยชน์ในการเสริมสร้างความเข้าใจของนักเรียนหรือให้ความหลากหลายของการเรียนเกี่ยวกับแนวคิดเรื่อง พันธะโคเวเลนต์

## 2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEM Education)

### 2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) เป็นกระบวนการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์เข้าด้วยกัน เพื่อให้ นักเรียนสามารถนำความรู้ มีผู้รู้ และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย (2013) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Integration) ระหว่างศาสตร์สาขาต่าง ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้ นักเรียนนำความรู้ทุกศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหา และส่งเสริมทักษะที่จำเป็นสำหรับศตวรรษที่ 21



สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการจัดการศึกษาที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง โดยบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อเสริมสร้างประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ เตรียมความพร้อมในการทำงาน และการสร้างนวัตกรรมในอนาคต

Force US STEM Task (2014) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการบูรณาการเนื้อหาวิชา 4 สาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผ่านวิธีการ active teaching และ active learning

ฉัตรวรรณ วัฒนวรรณ (2558) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) โดยมีแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่บูรณาการระหว่างเนื้อหาและทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เน้นพัฒนาทักษะการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ ผ่านการเรียนรู้จากการแก้ปัญหาในชีวิตจริง มาผสมผสานเพื่อแก้ปัญหาในชีวิตจริง และเป็นแนวทางให้นักเรียนสามารถดำเนินชีวิตและทำงานในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วศินีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา (2559) ได้ให้ความหมายของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เชื่อมโยงความรู้และบูรณาการความรู้จาก 4 ศาสตร์ คือ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อพัฒนามนุษย์ให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ การแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์ การสื่อสาร การเป็นผู้นำ และการทำงานร่วมกับผู้อื่น

Dugger William E (2010) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการบูรณาการของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน เพื่อมุ่งพัฒนาให้มนุษย์สามารถนำความรู้ ทักษะ และประสบการณ์จากการเรียนรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง และเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการประกอบอาชีพในอนาคต

## 2.2 แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา

แนวคิดและลักษณะสำคัญของสะเต็มศึกษา ได้มีผู้รู้ และนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวถึงแนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นแนวทางการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือโครงการที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี รวมถึงแนวคิดการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มุ่งแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ และเตรียมความพร้อมให้นักเรียนในการปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี นำไปสู่การสร้างนวัตกรรมใหม่ๆ ในอนาคต ซึ่งการบูรณาการสามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการเรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาแยกกัน

2. การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มีการเรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาแยกกัน แต่มีข้อหลัก (Theme) ร่วมกันเพื่อให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว

3. การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยง และสอดคล้องกันของแต่ละวิชา

4. การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Transdisciplinary Integration) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เชื่อมโยงความรู้และทักษะวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง เพื่อให้นักเรียนประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริง โดยครูเป็นผู้กำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหา และนักเรียนเป็นผู้ระบุปัญหาและวิธีการแก้ปัญหา

โดยนักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี และได้นำความรู้มาออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

## กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (Engineering Design Process) เป็นขั้นตอนของการแก้ปัญหา มีขั้นตอนหลัก ดังนี้

1. การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาคงทำ ความเข้าใจในสิ่งที่ปัญหาเพื่อหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) สำหรับการ แก้ปัญหา

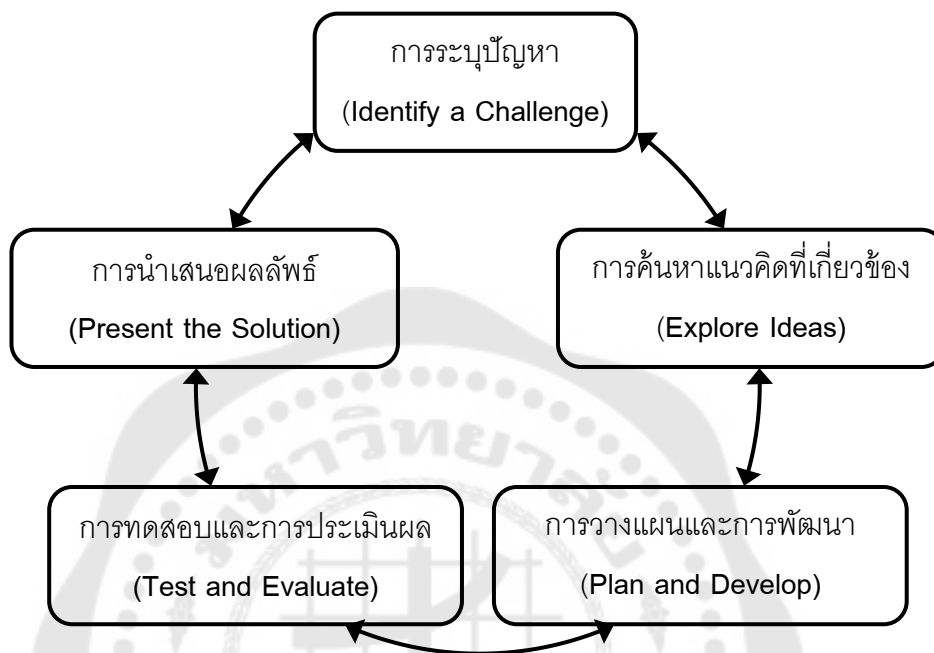
2. การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) เป็นการรวบรวมข้อมูลและ แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา เพื่อนำมาประยุกต์ในการแก้ปัญหา พร้อมทั้งประเมินความ เป็นไปได้ ความคุ้มค่า จุดเด่น จุดด้อย และความเหมาะสม เพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่ เหมาะสมที่สุด

3. การวางแผนและการพัฒนา (Plan and Develop) กำหนดขั้นตอนย่อยในการ ทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมายและระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจน รวมถึงออกแบบพัฒนา ต้นแบบของผลผลิต เพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา

4. การทดสอบและการประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นการทดสอบและ ประเมินการใช้ต้นแบบ เพื่อแก้ปัญหาโดยนำผลที่ได้มาปรับปรุงและพัฒนาให้มีประสิทธิภาพใน การแก้ปัญหามากขึ้น

5. การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) ผู้แก้ปัญหนำเสนอผลลัพธ์ โดย ออกแบบวิธีการนำเสนอให้เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

ลำดับขั้นตอนในการแก้ปัญหาตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมอาจมีการ  
สลับขั้นตอน ย้อนกลับขั้นตอนจนกว่าจะแก้ปัญหาได้ (ภาพประกอบ 2)



ภาพประกอบ 2 แผนภาพแสดงกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

ที่มา: สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากแนวคิดและลักษณะของสะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้ยึดแนวคิดและ  
ลักษณะของสะเต็มศึกษาตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งสรุปได้ว่า  
เป็นแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบเรียนรู้ผ่านกิจกรรมที่บูรณาการวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์  
เทคโนโลยี และการออกแบบเชิงวิศวกรรม เพื่อแก้ปัญหาที่พบในชีวิตจริง พร้อมทั้งให้นักเรียน  
สามารถใช้องค์ความรู้และทักษะกระบวนการด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี นำไปสู่  
การสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ในอนาคต และใช้กระบวนการทางวิศวกรรม 5 ขั้นตอน เป็นขั้นตอนของการ  
แก้ปัญหา

### 2.3 รูปแบบการจัดการเรียนการสอน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวถึงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนไว้ว่า เป็นการเรียนรู้แบบบูรณาการ ผ่านการจัดกิจกรรม (Activity based) หรือการทำโครงการ (Project based)

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2558) ได้กล่าวถึงรูปแบบการจัดการเรียนการสอนไว้ว่า สามารถทำได้หลายแนวทาง ได้แก่ แนวทางการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดขอบเขตในการศึกษา และใช้วิธีการตรวจสอบที่หลากหลาย แนวทางการใช้ปัญหาหรือโครงการเป็นฐาน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถวิเคราะห์สถานการณ์ ปัญหาพร้อมกันภายในกลุ่ม ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่ม และใช้สื่ออิเล็กทรอนิกส์ในการแก้ปัญหา และแนวทางการบูรณาการสื่อเทคโนโลยีเข้ามาใช้ในการจัดการเรียนรู้ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน

### 2.4 ประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามีหลากหลายด้าน ได้มีผู้รู้และนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาไว้ว่า

1. นักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม และคณิตศาสตร์ เป็นพื้นฐาน
2. นักเรียนเข้าใจสาระวิชาและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
3. ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงกันระหว่างกลุ่มสาระวิชา
4. หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา
5. สร้างกำลังคนด้านสะเต็มของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจของชาติ

### 2.5 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557) ได้กล่าวถึงการวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจะเน้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริงที่นักเรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งจะสะท้อนความสามารถที่แท้จริงของนักเรียน

### ความหมายของการประเมินตามสภาพจริง

ชวลิต ชูกำแหง (2550) ได้ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงไว้ว่าเป็นการประเมินที่ใช้เทคนิคการประเมินที่หลากหลายวิธี เพื่อตรวจสอบคุณภาพงานของนักเรียน ที่เน้นการแสดงออกในภาคปฏิบัติ กระบวนการเรียนรู้ ผลผลิต และแฟ้มสะสมผลงาน และเป็นวิธีการประเมินเพื่อสะท้อนให้เห็นพฤติกรรม และทักษะที่จำเป็นของนักเรียนในชีวิตประจำวัน

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554) ได้ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงไว้ว่าเป็นการประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนที่ใช้วิธีการที่หลากหลาย เน้นการประเมินทักษะการคิดที่ซับซ้อน ทักษะการทำงาน ความสามารถในการแก้ปัญหาและการแสดงออกที่เกิดจากการปฏิบัติในสภาพจริง โดยอยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์ในชีวิตจริง เน้นพัฒนาการที่ปรากฏให้เห็นทั้งในและนอกห้องเรียน โดยมีผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย และเป็นการประเมินที่มีลักษณะแบบไม่เป็นทางการ

ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ (2557) ได้ให้ความหมายของการประเมินตามสภาพจริงไว้ว่าเป็นการประเมินความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนจากการแสดงออกขณะทำกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิด กระบวนการทำงาน และความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยมีการประเมินอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีประสิทธิภาพและสามารถสะท้อนให้เห็นถึงพัฒนาการ ของนักเรียนได้

### ลักษณะของการประเมินตามสภาพจริง

สมศักดิ์ ภูวิภาดาวรรณ (2544) ได้จำแนกลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงไว้ดังนี้

1. การปฏิบัติในสภาพจริง (Performance in the Field) เพื่อประเมินการปฏิบัติงานในสภาพจริง โดยงานจะต้องสัมพันธ์กับชีวิตจริง มีความซับซ้อน และต้องคำนึงความแตกต่างระหว่างบุคคลในด้านรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียน ความถนัด และความสนใจของนักเรียน เพื่อพัฒนาความสามารถและค้นหาจุดเด่นของนักเรียน
2. เกณฑ์ที่ใช้ในการประเมิน (Criteria) เป็นเกณฑ์ที่เปิดเผยและรับรู้กันในโลกของความเป็นจริง โดยเป็นการเกณฑ์การประเมินแก่นแท้ของการปฏิบัติ
3. การประเมินตนเอง (Self-Assessment) เพื่อให้ให้นักเรียนได้มีโอกาสเห็น รับรู้ และรับคำชมเชยในการพัฒนาสมรรถภาพของตน
4. การนำเสนอผลงาน เพื่อให้ให้นักเรียนสะท้อนให้ผู้อื่นสามารถเข้าใจได้ และเป็นสิ่งที่ใช้ตรวจสอบการเรียนรู้อย่างแท้จริงของนักเรียนในหัวข้อนั้น ๆ

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ (2557) ได้จำแนกลักษณะของการประเมินตามสภาพจริงไว้ดังนี้

1. การประเมินต้องผสมผสานไปกับการเรียนการสอนและมีการประเมินอย่างต่อเนื่อง โดยใช้วิธีประเมินที่หลากหลาย ครอบคลุมพฤติกรรมหลายด้าน
2. การประเมินต้องสามารถประเมินกระบวนการคิดที่ซับซ้อน ความสามารถในการปฏิบัติงาน และกระบวนการที่ได้ผลผลิตมากกว่าการประเมินความสามารถในการจดจำ
3. การประเมินต้องมุ่งเน้นศักยภาพโดยรวมของนักเรียนทั้งด้านความรู้ พื้นฐาน ความคิดระดับสูง ความสามารถในการแก้ปัญหา ทักษะในด้านต่าง ๆ และความสามารถในการทำงานร่วมกับผู้อื่น
4. การประเมินต้องให้ความสำคัญต่อพัฒนาการของนักเรียน โดยข้อมูลที่ได้จากการประเมินหลาย ๆ ด้าน และหลากหลายวิธีสามารถนำมาใช้ในการวินิจฉัยจุดเด่นของนักเรียนที่ควรให้การสนับสนุน และจุดด้อยที่ควรได้รับการปรับปรุง
5. การประเมินต้องสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการเรียนการสอน ว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายหรือไม่ เพื่อที่จะนำมาปรับให้เหมาะสมในการเรียนการสอนต่อไป
6. การประเมินที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักตนเอง และสามารถพัฒนาตนเองได้
7. การประเมินที่ทำให้การสอนมีความหมาย เนื่องจากเพิ่มความเชื่อมั่นว่านักเรียนสามารถนำความรู้ไปสู่การดำรงชีวิตในสังคมได้

จากการวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การวัดและประเมินผลการเรียนรู้สะเต็มศึกษาควรจะเน้นการวัดและประเมินผลตามสภาพจริง เนื่องจากการประเมินอย่างต่อเนื่อง และใช้วิธีการประเมินที่หลากหลาย ครอบคลุมพฤติกรรมหลายด้าน ซึ่งจะทำให้เห็นการพัฒนาของนักเรียนอย่างต่อเนื่อง สามารถใช้ในการสนับสนุนจุดเด่นและปรับปรุงแก้ไขจุดด้อยของนักเรียน โดยใช้แบบประเมินที่มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า (Rating scale) และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจนในการประเมิน



## 2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

### งานวิจัยในประเทศ

พลศักดิ์ แสงพรหมศรี (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาและแบบปกติ และการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และแบบวัดเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และเจตคติต่อการเรียนเคมี สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์ (2559) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศ ตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ผลการวิจัยพบว่า หน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่องบ้านพักเชิงนิเวศ ตามแนวสะเต็มศึกษา มีประสิทธิภาพเท่ากับ 82.35/84.10 ตามเกณฑ์ และนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย และศึกษาประสิทธิภาพผลการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม E1/E2 เท่ากับ 76.25/74/67 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน และความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหานักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05



เพชรศิรินทร์ ตุ่นคำ (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมศึกษา วิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมส่งเสริมศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สาร ชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 และเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนและทักษะในศตวรรษที่ 21 ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมส่งเสริมศึกษา มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 80.72 /71.79 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมี นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ในทักษะ สารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยีอยู่ในระดับดีเยี่ยม และมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ในทักษะด้านชีวิต และอาชีพอยู่ในระดับดีมาก

อาทิตยา พูนเรือง (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตาม แนวทางส่งเสริมศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่องเอนไซม์ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง ส่งเสริมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ชัยพร มิตรพิทักษ์; และบุญนาค สุขุมเมฆ (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนา ความสามารถในการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อส่งเสริมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วย กิจกรรมวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (STEM) ร่วมกับการใช้ปัญหา เป็นฐาน เรื่องสมบัติของธาตุและสารประกอบ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิด วิเคราะห์สูงกว่าร้อยละ 70 และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

ปรเมศวร์ วงศ์ชาชม (2559) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดส่งเสริมศึกษา ร่วมกับโครงการเป็นฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและ พัฒนาการความคิดสร้างสรรค์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ย ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในวงรอบปฏิบัติการครั้งที่ 1 ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 และ วงรอบปฏิบัติการที่ 2 สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 75 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนน เฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์เท่ากับ 7.47 11.40 และ 21.35

อาทิตย์ ฉิมกุล, สกลรัช ต์แก้วดี, and นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต (2017) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 จัดอยู่ในระดับดีมาก และสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 จัดอยู่ในระดับดี

### งานวิจัยต่างประเทศ

Chonkaew Patcharee, Sukhummek Boonak, and Faikhamta Chatree (2016) ได้ศึกษาเรื่องการพัฒนาความสามารถการคิดวิเคราะห์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง ปริมาณสารสัมพันธ์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาความสามารถการวิเคราะห์และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ผ่านการจัดเรียนรู้สะเต็มศึกษานบูรณาการร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้ปัญหาเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Ceylan Sevil and Ozdilek Zehra (2015) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาแผนการสอนสอนสำหรับหลักสูตรวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแผนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เรื่อง กรด-เบส ตามแนวสะเต็มศึกษาและศึกษาประสิทธิภาพของแผนการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เรื่อง กรด-เบส ตามแนวสะเต็มศึกษา เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วย แผนการสอนเรื่อง กรดและเบส ตามแนวสะเต็มศึกษา ใช้กับ การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนอยู่ในระดับที่ผ่านเกณฑ์ และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนและหลังเรียนแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

Hiong Lee and Osman Kamisah (2015) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการเรียนรู้แบบสหวิทยาการ ชีววิทยา เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (BTEM) เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ในประเทศมาเลเซีย โดยกิจกรรม BTEM มีองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ 2 แบบ คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน และการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนจะสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นได้จริงด้วยการใช้กระบวนการออกแบบวิศวกรรมร่วมกับการใช้เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์

Phonchaiya Sonthi and Thananuwong Raksapol (2016) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยใช้ LEGO เป็นฐาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับเครื่องมือพื้นฐาน และประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบและสร้าง LEGO model โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เครื่องมือในการวิจัย ประกอบด้วยแบบสอบถาม เป็นตัวประเมินความคิดเห็นของนักเรียน เกี่ยวกับกิจกรรม และการปรับปรุงในทักษะความคิดสร้างสรรค์และการทำงานเป็นกลุ่ม โดยกิจกรรมในงานวิจัยนี้ คือ มอบหมายให้นักเรียนสร้าง LEGO model สำหรับวิกฤตการณ์น้ำท่วมโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ใช้สถิติในการวิเคราะห์ข้อมูล ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยเลขคณิต, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ Wilcoxon Signed Ranks Test for Paired Samples non-parametric using SPSS20.00program ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้าง LEGO model ได้สำเร็จภายในระยะเวลาที่กำหนด และมีความเข้าใจของแนวคิดเป็นอย่างดี และนักเรียนสามารถเรียนรู้แนวคิด พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ พัฒนาทักษะเพื่อปรับใช้กับสถานการณ์ใหม่ๆ และได้รับทักษะการทำงานเป็นกลุ่ม

### 3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา (STEAM Education)

#### 3.1 ที่มาและความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการศาสตร์รวมกัน ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ร่วมกันได้ โดยผู้รู้ และนักวิชาการทางการศึกษาหลายท่านได้ให้ที่มาและความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

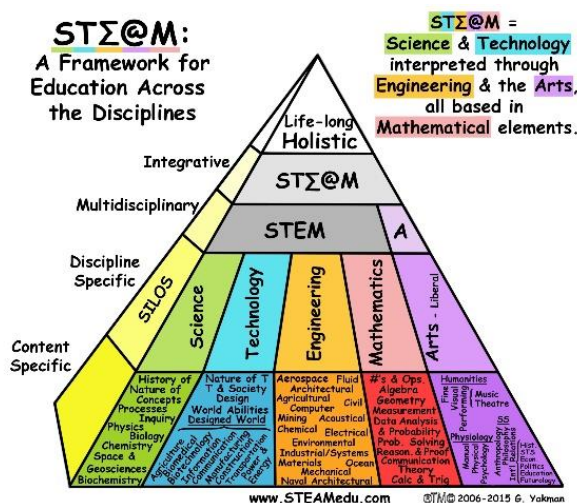
Yakman Georgette (2008) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนามาจากโมเดลสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ (Science, S) เทคโนโลยี (Technology, T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering, E) ศิลปะ (Arts, A) และคณิตศาสตร์ (Mathematics, M) โดยเพิ่มศิลปะเข้ามาเพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างศิลปะ (เน้นการคิดเชิงสร้างสรรค์) และวิทยาศาสตร์ (เน้นการคิดเชิงวิชาการ) เพื่อพัฒนาไปสู่ความคิดสร้างสรรค์และเกิดความมั่นคงในการเรียนวิทยาศาสตร์

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปว่า สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนามาจากโมเดลสะเต็มศึกษา ที่บูรณาการศาสตร์เข้าด้วยกัน ประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยรวมเข้ากับศิลปะศาสตร์ เพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในการสร้างนวัตกรรมใหม่

### 3.2 ประเภทศาสตร์ของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

ผู้รู้ และนักวิชาการได้จำแนกประเภทศาสตร์ของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ดังนี้  
Yakman Georgette (2008) ได้จัดประเภทศาสตร์ของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science, S) ประกอบด้วย ฟิสิกส์, ชีววิทยา, เคมี, ธรณีศาสตร์ และชีวเคมี และเทคโนโลยีชีวภาพและชีวการแพทย์
2. เทคโนโลยี (Technology, T) ประกอบด้วย การก่อสร้าง (Construction), การผลิต (Production), การเกษตร (Agriculture), การติดต่อสื่อสาร (Communication), การขนส่ง (Transportation), กำลังและพลังงาน (Power and Energy) และอุตสาหกรรมศิลป์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (Industrial Arts and Information Technology)
3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering, E) ประกอบด้วย ไฟฟ้า (Electrical), คอมพิวเตอร์ (Computer), เคมี (Chemical), อวกาศ (Aerospace), เครื่องกล (Mechanical), อุตสาหกรรม (Industrial), วัสดุ (Materials), ทางทะเล (Ocean), สิ่งแวดล้อมและโยธา (Environmental, Fluid & Civil)
4. ศิลปะ (Arts, A) ประกอบด้วย ร่างกาย (Physical), ศิลปะ (Fine), ภาษาและปรัชญา (Language and Liberal) (ประกอบด้วย สังคม, การศึกษา, การเมือง, ปรัชญา, จิตวิทยา, ประวัติศาสตร์ และอื่น ๆ)
5. คณิตศาสตร์ (Mathematics, M) ประกอบด้วย พีชคณิต (Algebra), เรขาคณิต (Geometry), ตรีโกณมิติ (Trigonometry) และแคลคูลัส (Calculus and Theory)



ภาพประกอบ 3 กรอบแนวคิด STEAM Pyramid

ที่มา : STEAM Education Theory (Intellectual Property of G. Yakman) (Yakman Georgette, 2008)

ยศวีร์ สายฟ้า (2555) ได้จัดประเภทศาสตร์ของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science, S) มุ่งเน้นการปลูกฝังความรู้สึก สงสัยใคร่รู้ (Curiosity) ให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเป็นสำคัญ และส่งเสริมกระบวนการสืบสอบ (Investigation) ตลอดจนการทดลองสิ่งต่าง ๆ (Experiment) และกระตุ้นกระบวนการคิด (Thinking Skill)

2. เทคโนโลยี (Technology, T) เครื่องมือหรืออุปกรณ์ (Tool) ที่อำนวยความสะดวกแก่นักเรียนในการทำสิ่งต่าง ๆ ให้ลุล่วง

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering, E) เป็นกระบวนการที่เริ่มต้นจากการระบุปัญหา (Problem) จากนั้นมุ่งเน้นไปที่กระบวนการคิดแก้ปัญหา (Problem – Solving Thinking Skill) และทดลองวิธีการแก้ปัญหา (Trial) ทั้ง 3 กระบวนการ นักเรียนเป็นผู้ริเริ่มดำเนินการด้วยตนเอง

4. ศิลปะ (Arts, A) การเพิ่มศาสตร์ทางศิลปะ (Arts) เข้าไปใน STEM จะช่วยทำให้นักเรียนมีโอกาสได้ถ่ายทอดหรือประยุกต์ใช้แนวคิดสำคัญ (Concept) ด้วยความคิดสร้างสรรค์ และมีจินตนาการมากยิ่งขึ้น นักเรียนสามารถสื่อสารความคิดของตนเองออกมาในรูปแบบของดนตรี และการเคลื่อนไหว การสื่อสารด้วยภาษาท่าทาง หรือการสื่อสารออกมาในรูปแบบของการวาดภาพ หรือการสร้างโมเดลจำลอง



5. คณิตศาสตร์ (Mathematics, M) กระบวนการคิดทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Thinking) ซึ่งประกอบด้วย การเปรียบเทียบ การจำแนก/จัดกลุ่ม การจัดแปรรูป (Patterns) และการบอกรูปร่างและคุณสมบัติ ภาษาคณิตศาสตร์มีความสำคัญ เพราะเวลานักเรียนถ่ายทอดความคิดหรือความเข้าใจความคิดรวบยอด (Concept) ทางคณิตศาสตร์ นักเรียนจะใช้ภาษาคณิตศาสตร์ในการสื่อสาร เช่น มากกว่า น้อยกว่า ใหญ่กว่า เล็กกว่า การส่งเสริมการคิดคณิตศาสตร์ขั้นสูง (Higher-Level Math Thinking) ไม่ได้เกิดขึ้นจากการฝึกฝนอย่างหนักจากการทำแบบฝึกหัดในห้องเรียน แต่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันหรือจากการทำกิจกรรมการเล่นของนักเรียนได้เช่นกัน

จากแนวคิดเกี่ยวกับประเภทศาสตร์ของการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้โดยบูรณาการศาสตร์วิชาเข้าด้วยกัน ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยสนใจที่จะพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่องพันธะเคมี โดยนำศาสตร์วิชามารบูรณาการ ดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science, S) เนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง พันธะเคมี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วยเรื่อง การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และเนื้อหาความรู้ เรื่อง ภาวะพิษ

2. เทคโนโลยี (Technology, T) การใช้เทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลในชุดกิจกรรมการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ และการใช้เทคโนโลยีในการนำเสนอชิ้นงาน

3. วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering, E) การใช้กระบวนการทางวิศวกรรมในการวางแผนการทำงาน ออกแบบชิ้นงาน สร้างชิ้นงาน ทดสอบความแข็งแรงและคงทนของชิ้นงาน และการนำเสนอชิ้นงาน

4. ศิลปะ (Arts, A) การออกแบบและการสร้างสรรค์ชิ้นงานให้มีรูปแบบที่มีความแปลกใหม่ มีสีสันสวยงาม การออกแบบการนำเสนอชิ้นงาน และการใช้ภาษาในการสื่อสารและการนำเสนอชิ้นงาน

5. คณิตศาสตร์ (Mathematics, M) การใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ ได้แก่ การหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่างโมเลกุลกับสมบัติของโมเลกุล (เช่น สภาพขั้วของโมเลกุล ทิศทางโมเลกุล จุดเดือด และจุดหลอมเหลวของสารโคเวเลนต์) การคำนวณพลังงานพันธะ การเปรียบเทียบรูปร่างโมเลกุล และการเปรียบเทียบจุดเดือดจุดหลอมเหลวของสารโคเวเลนต์

### 3.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา

#### งานวิจัยในประเทศ

จารีพร ผลมุล (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3: กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอก จังหวัดชุมพร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ STEAM ที่ส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM มีประสิทธิภาพเท่ากับ 81.65/78.33 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สมรัก อินทวิมลศรี (2560) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการใช้แนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป และมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

#### งานวิจัยต่างประเทศ

Kwon; Nam; & Lee. (2011) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการใช้สะเต็มศึกษากับการปรับปรุงความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ Rube Goldberg Machines ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ความรู้ หลักการทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ กลไกการออกแบบทางวิศวกรรม จะทำให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาเกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เกิดการเรียนรู้ที่เป็นรูปธรรม และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียนรู้ ที่ได้จากการทำกิจกรรม

Cross Jennifer L, Hamner Emily, Bartley Chris, and Nourbakhsh Illah (2015) ได้ศึกษาเรื่อง ศิลปะและหุ่นยนต์โดยเทคนิคการเผยแพร่โปรแกรมหุ่นยนต์ STEAM ผ่านห้องเรียน K-12 ผลการวิจัยพบว่า โปรแกรมศิลปะกับหุ่นยนต์ สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการบูรณาการหลากหลายวิชาและสนับสนุนการเรียนรู้ เพื่อให้ให้นักเรียนพัฒนาการวางแผน การทดสอบ การแก้ไข เพื่อบรรลุเป้าหมาย ซึ่งสอดคล้องกับการปฏิบัติทางคณิตศาสตร์ และใช้เครื่องมือคอมพิวเตอร์และเทคนิคสำหรับการแสดงออกของความคิดสร้างสรรค์ซึ่งเป็นการส่งเสริมความสามารถในการจัดการเทคโนโลยีอย่างสร้างสรรค์



Park N. (2014) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาของโปรแกรม STEAM Career Education ที่ใช้เทคโนโลยีความเป็นจริงเสมือน สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4 เพื่อยกระดับความสนใจในอาชีพที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีสารสนเทศ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสนใจและตระหนักถึงงานทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศที่เป็นประโยชน์และส่งเสริมในการประกอบอาชีพในอนาคตอยู่ในระดับสูง จากการใช้โปรแกรม STEAM education ในรูปของเทคโนโลยีสารสนเทศ

Oner Ayse et al. (2016) ได้ศึกษาเรื่อง ตั้งแต่ STEM ถึง STEAM: ความเชื่อของนักเรียนเกี่ยวกับการใช้ความคิดสร้างสรรค์ โดยสะสมศึกษาถูกจัดให้เป็นค่ายฤดูร้อนเพื่อให้นักเรียนใช้ความคิดสร้างสรรค์ในการจัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-based Learning: PBL) ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนเชื่อว่าพวกเขาสามารถใช้ความคิดสร้างสรรค์ในงานได้

#### 4. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

##### 4.1 ความหมายของชุดกิจกรรม

ชุดการสอน (Instructional Packages หรือ Instructional Kits) ชุดการสอน (Learning Packages หรือ Learning Kits) หรือชุดกิจกรรม เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาอย่างหนึ่งที่ช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้วิจัยใช้คำว่า ชุดกิจกรรม ในงานวิจัยนี้

มีผู้รู้และนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรม ชุดการเรียน และชุดการสอนไว้ดังนี้

ชม ภูมิภาค (2528) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้ว่า เป็นนวัตกรรมทางการศึกษาแบบใหม่ที่ช่วยให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้ว่า เป็นนวัตกรรมทางการศึกษา เป็นสื่อการสอนที่จัดขึ้นสำหรับหน่วยการเรียนตามหัวข้อเนื้อหาที่นักเรียนควรได้รับ ถูกจัดเป็นชุด และบรรจุในซอง ก๊อปปี้ หรือกระเป๋า เพื่อให้ครูสามารถนำมาใช้ประกอบการสอน

เกริก ท่วมกลาง (2555) ได้ให้ความหมายของชุดกิจกรรมไว้ว่า เป็นเทคโนโลยีทางการศึกษารูปแบบหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาและปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง โดยใช้สื่อหรือกิจกรรมหลาย ๆ อย่างประกอบกันตามความเหมาะสม

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมหมายถึง สื่อการเรียนการสอนที่จัดทำขึ้นตามหัวข้อที่นักเรียนควรได้รับ โดยมีกิจกรรมหลาย ๆ อย่างประกอบ เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนสามารถศึกษา ค้นคว้า และลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง

## 4.2 ประเภทของชุดกิจกรรม

บุญเกื้อ ควรหาเวช (2545) ได้จำแนกประเภทของชุดกิจกรรมออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. ชุดการสอนประกอบคำบรรยาย เป็นชุดการสอนสำหรับผู้สอนใช้สอนนักเรียนกลุ่มใหญ่หรือการสอนที่ต้องการปูพื้นฐานให้นักเรียนส่วนใหญ่เข้าใจในเวลาเดียวกัน ช่วยให้ผู้สอนลดการพูดให้น้อยลง เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมมากขึ้น สื่อที่ใช้ เช่น รูปภาพ แผนภูมิ สไลด์ เทปบันทึกเสียง

2. ชุดการสอนแบบกลุ่มกิจกรรม เป็นชุดการสอนสำหรับนักเรียนเรียนร่วมกันเป็นกลุ่ม 5-7 คน โดยใช้สื่อการสอน เพื่อพัฒนาทักษะเนื้อหาวิชาและทักษะการทำงานร่วมกัน

3. ชุดการสอนแบบรายบุคคลหรือชุดการสอนตามเอกัตภาพ เป็นชุดการสอนสำหรับนักเรียนได้เรียนด้วยตนเอง ตามความสามารถและความสนใจ ซึ่งสามารถเรียนที่โรงเรียนหรือที่บ้าน

เกริก ท่วมกลาง (2555) ได้จำแนกประเภทของชุดกิจกรรมออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

1. ชุดการสอนสำหรับประกอบการบรรยาย หรือชุดการสอนสำหรับครู โดยจะมีเนื้อหาเพียงอย่างเดียว แบ่งหัวข้อที่จะบรรยายและประกอบกิจกรรมไว้ตามลำดับขั้น

2. ชุดการสอนสำหรับกิจกรรมกลุ่ม มุ่งให้นักเรียนได้ประกอบกิจกรรมร่วมกันในลักษณะการสอนแบบกลุ่มสัมพันธ์ สื่ออาจใช้เป็นรายบุคคลหรือเป็นกลุ่ม โดยได้รับความช่วยเหลือจากครูเพียงเล็กน้อยในระยะเริ่มเรียนเท่านั้น หลังจากนั้นนักเรียนสามารถช่วยเหลือซึ่งกันและกันได้

3. ชุดการสอนรายบุคคล มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถศึกษาหาความรู้ด้วยตนเองตามความสามารถของแต่ละบุคคล โดยไม่ต้องเสียเวลารอคอยผู้อื่น

4. ชุดการสอนทางไกล มุ่งให้นักเรียนศึกษาด้วยตนเองโดยไม่ต้องเข้าชั้นเรียน ซึ่งประกอบด้วยสื่อประเภท วิทยู โทรทัศน์ ภาพยนตร์ สิ่งพิมพ์ วิทยูกระจายเสียง เป็นต้น

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งเป็นชุดกิจกรรมที่มีลักษณะผสมผสานระกวางชุดกิจกรรมรายบุคคลและชุดกิจกรรมสำหรับกิจกรรมกลุ่ม

### 4.3 องค์ประกอบของชุดกิจกรรม

บุญเกื้อ ควรรหาเวช (2545) ได้จำแนกองค์ประกอบของชุดกิจกรรมออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. คู่มือครู เป็นคู่มือและแผนการสอนสำหรับผู้สอนหรือนักเรียนตามชนิดของชุดการสอน ภายในคู่มือจะอธิบายวิธีการใช้ชุดการสอนไว้อย่างละเอียด อาจจะทำเป็นเล่มหรือแผ่นพับก็ได้

2. บัตรคำสั่งหรือคำแนะนำ เป็นส่วนที่บอกให้นักเรียนดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนด นิยมใช้กระดาษแข็งตัดเป็นบัตร ขนาด 6x8 นิ้ว ประกอบด้วย คำอธิบายในเรื่องที่จะศึกษา คำสั่งให้นักเรียนดำเนินการกิจกรรม และการสรุปบทเรียน

3. เนื้อหาสาระและสื่อ เป็นสื่อการสอนต่าง ๆ ที่บรรจุอยู่ในชุดการสอน ตามบัตรคำ อาจประกอบด้วย บทเรียนโปรแกรม สไลด์ เทปบันทึกเสียง แผ่นภาพโปร่งแสง หุ่นจำลอง รูปภาพ เป็นต้น

4. แบบประเมินผล แบบประเมินที่อยู่ในชุดการสอน โดยนักเรียนจะทำการประเมินผลความรู้ด้วยตนเองก่อนและหลังเรียน

เกริก ท่วมกลาง (2555) ได้จำแนกองค์ประกอบของชุดกิจกรรมออกเป็น 5 ส่วน ได้แก่

1. คู่มือการใช้ชุดการสอน เพื่อให้ครูผู้ใช้ชุดการสอนได้ศึกษาขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้

2. คำชี้แจงหรือคำสั่งการมอบหมายงาน เพื่อกำหนดแนวทางในการเรียนสำหรับนักเรียนแต่ละขั้นตอน

3. เนื้อหาสาระซึ่งบรรจุอยู่ในชุดการสอน

4. การวัดและประเมินผล เป็นการประเมินผลการเรียนรู้ ประเมินผลกระบวนการเรียนทั้งก่อนเรียน ขณะปฏิบัติกิจกรรม และหลังเรียน

5. กิจกรรมเสริมทักษะ เนื้อหาสาระสำรองเพื่อเพิ่มพูนทักษะประสบการณ์

สำหรับงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี ซึ่งประกอบด้วย ชุดกิจกรรม (คู่มือครู) ที่มีแผนการจัดการเรียนรู้ และชุดกิจกรรมสำหรับนักเรียน โดยองค์ประกอบของชุดกิจกรรม ประกอบด้วย คำชี้แจง จุดประสงค์ของการเรียนรู้ เนื้อหาสาระ และการวัดและประเมินผล

#### 4.4 ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรม

บุญเกื้อ ควหาเวช (2545) ได้เสนอขั้นตอนของการสร้างชุดกิจกรรมหรือชุดการสอนไว้ดังนี้

1. กำหนดหมวดหมู่เนื้อหาและประสบการณ์ เป็นหมวดวิชาหรือบูรณาการตามเหมาะสม
2. กำหนดหน่วยการสอน แบ่งเนื้อหาวิชาเป็นหน่วยการสอนที่ใช้ในหนึ่งสัปดาห์หรือหนึ่งครั้ง
3. กำหนดหัวเรื่อง โดยในแต่ละหน่วยการสอนจะประกอบด้วย 4-6 หัวเรื่อง
4. กำหนดความคิดรวบยอดและหลักการ ให้สอดคล้องกับหน่วยหรือหัวเรื่อง โดยสรุปรวมแนวคิด สาระ และหลักเกณฑ์สำคัญไว้เป็นแนวทางในการจัดเนื้อหาที่สอนให้สอดคล้องกัน
5. กำหนดวัตถุประสงค์ ให้สอดคล้องกับหัวเรื่อง เป็นวัตถุประสงค์ทั่วไปก่อนแล้วเปลี่ยนเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ต้องมีเงื่อนไขและเกณฑ์พฤติกรรมไว้ทุกครั้ง
6. กำหนดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใช้เป็นแนวทางในการเลือกและการผลิตสื่อการสอน
7. กำหนดแบบประเมินผล ได้ออกแบบการประเมินให้ตรงกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อให้ผู้สอนทราบการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่
8. เลือกและผลิตสื่อการสอน วัสดุอุปกรณ์และวิธีการที่ครูใช้ ซึ่งถือเป็นสื่อการสอนทั้งหมด โดยจัดเป็นหมวดหมู่ตามหัวเรื่อง เรียก ชุดการสอน
9. หาประสิทธิภาพชุดการสอน ผู้สร้างต้องกำหนดเกณฑ์ขึ้นเพื่อประกันว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพในการสอน โดยคำนึงถึงการเปลี่ยนพฤติกรรมของนักเรียนให้บรรลุผล
10. การใช้ชุดการสอน โดยใช้ชุดการสอนที่ได้ปรับปรุงและมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้กับนักเรียนตามประเภทของชุดการสอนและระดับการศึกษา

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2553) ได้เสนอขั้นตอนของการสร้างชุดกิจกรรมหรือชุดการสอนไว้ดังนี้

1. เลือกหัวข้อ (Topic) กำหนดขอบเขต และประเด็นสำคัญของเนื้อหา จากการวิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ของหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน ว่าหัวข้อใดเหมาะสมที่ควรนำไปสร้างชุดการเรียนการสอน
2. กำหนดเนื้อหาที่จะจัดทำชุดการเรียนการสอน โดยคำนึงถึงความรู้พื้นฐานของนักเรียน
3. เขียนจุดประสงค์ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้ครูและนักเรียนทราบจุดประสงค์ว่าเมื่อศึกษาชุดการเรียนการสอนจบแล้ว นักเรียนจะต้องมีความสามารถอย่างไร
4. สร้างแบบทดสอบ มี 3 แบบ คือ
  - 4.1 แบบทดสอบวัดพื้นฐานความรู้เดิมของนักเรียน เพื่อดูความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อนที่จะเริ่มเรียน
  - 4.2 แบบทดสอบย่อย เพื่อวัดความรู้ของเรียนหลังจากเรียนจบในแต่ละเนื้อหาย่อย
  - 4.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการเรียน ใช้ประเมินผลการเรียนรู้ของเรียนหลังจากการศึกษาชุดการเรียนการสอนจบแล้ว
5. จัดทำชุดการเรียนการสอน ประกอบด้วย บัตรคำสั่ง บัตรปฏิบัติการและบัตรเฉลย บัตรเนื้อหา บัตรฝึกหัดและบัตรเฉลยฝึกหัด และบัตรทดสอบและบัตรเฉลยบัตรทดสอบ
6. วางแผนจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยมีหลักการสำคัญ คือ
  - 6.1 นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการทำกิจกรรมด้วยตนเอง ผู้สอนเป็นเพียงผู้ชี้แนะและควบคุมการเรียนการสอน
  - 6.2 เลือกกิจกรรมหลากหลายที่เหมาะสมกับชุดการเรียนการสอน
  - 6.3 ฝึกให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยการคิดอย่างหลากหลาย เช่น คิดวิเคราะห์ คิดแก้ปัญหา คิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์ เป็นต้น
  - 6.4 มีกิจกรรมที่ฝึกให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกับผู้อื่น
7. การรวบรวมและจัดทำสื่อการเรียนการสอน ครูผู้สอนอาจจะสร้างสื่อการเรียนการสอนใหม่ หรือนำสื่อการเรียนการสอนบางชนิดที่มีผู้จัดทำไว้แล้ว มาปรับปรุงดัดแปลงใหม่ให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระและจุดประสงค์ที่ต้องการ

#### 4.5 ประโยชน์ของชุดกิจกรรม

ชาญชัย อินทรสุนานนท์ (2538) ได้กล่าวถึงประโยชน์ของชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

1. ช่วยลดบทบาทของครูในการเป็นผู้พูดตลอดเวลา โดยการใช้กิจกรรมช่วยในการดำเนินการสอนมากขึ้น
2. ช่วยสอนมโนทัศน์บางอย่างที่ไม่อาจสร้างได้ด้วยคำพูดหรือคำสอนของครู
3. ช่วยให้การสอนและการเรียนดำเนินไปอย่างน่าสนใจมากขึ้น
4. ช่วยให้การเรียนของนักเรียนเป็นอิสระจากอารมณ์ของผู้สอน ไม่ว่าผู้สอนจะอยู่ในอารมณ์ใดในการสอนก็ยังคงดำเนินต่อไปอย่างสม่ำเสมอ คงเส้นคงวา

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2553) ได้เสนอประโยชน์ของชุดกิจกรรมไว้ดังนี้

1. นักเรียนได้ใช้ความรู้ความสามารถในการศึกษาความรู้จากชุดกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งเป็นการฝึกทักษะการแสวงหาความรู้ ทักษะการอ่าน และการสรุปความรู้อย่างเป็นระบบ
2. การทำแบบฝึกหัด แบบฝึกทักษะการเรียนรู้ และแบบฝึกทักษะการคิดทำชุดกิจกรรม ทำให้นักเรียนรู้จักคิดแก้ปัญหาเป็น ซึ่งสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาที่กำหนดโดย ส.ศ.
3. นักเรียนมีวิสัยในตนเอง จากการทำตามคำสั่งในขั้นตอนต่าง ๆ ของชุดกิจกรรม การตรวจแบบฝึกหัด แบบฝึกทักษะการเรียนรู้ หรือใบงาน ทำให้นักเรียนรู้จักฝึกตนเองให้ทำตามกติกา
4. นักเรียนรู้จักการเรียนรู้การทำงานร่วมกับผู้อื่น การรับฟังความคิดเห็นของกันและกัน ซึ่งเป็นพื้นฐานของการอยู่ร่วมกันในสังคม
5. การใช้ชุดกิจกรรมนั้น สามารถศึกษานอกเวลาเรียนได้ ขึ้นอยู่กับการออกแบบของผู้สอนที่เอื้อต่อการศึกษาด้วยตนเอง

#### 4.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับชุดกิจกรรม

##### งานวิจัยในประเทศ

จินตวีร์ โยสีดา (2554) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง ไบโอดีเซล สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาประสิทธิผลของการจัดการเรียนรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความพึงพอใจของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมมีคุณภาพระดับดี มีประสิทธิภาพ 85.00/81.56 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีความพึงพอใจต่อการใช้ชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก



จินตนา คำสอนจิก (2553) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดการสอนเรื่องสารเคมีในชีวิตประจำวันโดยใช้การ์ตูนอนิเมชัน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนเรื่องสารเคมีในชีวิตประจำวันโดยใช้การ์ตูนอนิเมชันที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.99/81.05 ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีเจตคติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริลักษณ์ วิทยา (2555) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมี เรื่อง ปิโตรเลียมและพลังงานทดแทน โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 92.25/90.33 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และความีเหตุผล หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ปัญญาพร แสนจันทร์ (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีที่เน้นความรู้คู่คุณธรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีที่เน้นความรู้คู่คุณธรรม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ และความพึงพอใจของนักเรียน ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 77.63/72.45 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และคุณลักษณะอันพึงประสงค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และนักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดกิจกรรมอยู่ในระดับมาก

## 5. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

### 5.1 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

นักการศึกษาหลายท่านได้มีแนวคิดเกี่ยวกับการเรียนรู้ในทักษะศตวรรษที่ 21 ดังนี้ ภาคีเพื่อทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 (Partnership for 21st Century Skills, 2009) ได้กล่าวถึงกรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไว้ดังนี้

1. วิชาแกน (Core Subject) ประกอบด้วย ภาษาอังกฤษ (English) การอ่าน (Reading) ศิลปะการใช้ภาษา (Language Arts) ภาษาสำคัญของโลก (World Languages) ศิลปะ (Arts) คณิตศาสตร์ (Mathematics) เศรษฐศาสตร์ (Economics) วิทยาศาสตร์ (Science) ภูมิศาสตร์ (Geography) ประวัติศาสตร์ (History) และการปกครองและหน้าที่พลเมือง (Government and Civics)



2. แนวคิดสำคัญในศตวรรษที่ 21 (21<sup>st</sup> Century interdisciplinary themes) ประกอบด้วย จิตสำนึกต่อโลก (Global Awareness) ความรู้พื้นฐานด้านการเงิน เศรษฐกิจ ธุรกิจ และการเป็นผู้ประกอบการ (Financial, Economics, Business and Entrepreneurial Literacy) ความรู้พื้นฐานด้านพลเมือง (Civil Literacy) ความรู้พื้นฐานด้านสุขภาพ (Health Literacy) และ ความรู้พื้นฐานด้านสิ่งแวดล้อม (Environmental Literacy)

### 3. ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21

3.1 ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) เป็นทักษะที่สำคัญสำหรับการเตรียมความพร้อมของนักเรียนในการเข้าสู่โลกของการทำงาน ประกอบด้วย

3.1.1 ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) แบ่งเป็น คิดสร้างสรรค์ โดยใช้เทคนิคการสร้างความคิดที่หลากหลายทำงานสร้างสรรค์ เป็นการพัฒนาแนวคิดใหม่ ๆ อย่างมีประสิทธิภาพ และการใช้นวัตกรรม

3.1.2 การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) แบ่งเป็น เหตุผลที่มีประสิทธิภาพ โดยการใช้สถานการณ์ต่าง ๆ ตามความเหมาะสม วิเคราะห์และประเมินเหตุผลอย่างมีประสิทธิภาพ และแก้ปัญหาที่นำไปสู่แนวทางที่ดีขึ้น

3.1.3 การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน (Communication and Collaboration) การติดต่อสื่อสารอย่างชัดเจน โดยใช้ทักษะการสื่อสารด้วยวาจา การเขียน เป็นต้น และการร่วมมือกับผู้อื่น แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ความสำคัญกับการบรรลุเป้าหมายเดียวกัน

3.2 ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) ประกอบด้วย

3.2.1 ความรู้พื้นฐานด้านสารสนเทศ (Information Literacy) คือการเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ข้อมูลอย่างถูกต้อง

3.2.2 ความรู้พื้นฐานด้านสื่อ (Media Literacy) คือการวิเคราะห์สื่อเพื่อทำความเข้าใจทั้งวิธีการและการสร้างข้อความสื่อ การสร้างผลิตภัณฑ์สื่อที่มีความเหมาะสม

3.2.3 ความรู้พื้นฐานทางเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร (Information, Communication and Technology Literacy, ICT) คือการใช้เทคโนโลยีได้อย่างมีประสิทธิภาพ

3.3 ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) ประกอบด้วย ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว (Flexibility and Adaptability) ความคิดริเริ่มและการชี้นำตนเอง (Initiative and Self-direction) ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม (Social and cross-cultural interaction) การเพิ่มผลผลิตและความรู้รับผิดชอบ (Productivity and accountability) และความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ (Leadership and responsibility)



ภาพประกอบ 4 กรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

ที่มา: Partnership for 21st Century Skills (2009)

พรทิพย์ ศิริภักทราชัย (2013) ได้กล่าวถึงกรอบแนวคิดเพื่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ไว้ดังนี้

1. ความรู้ในวิชาหลักและเนื้อหาประเด็นที่สำคัญสำหรับศตวรรษที่ 21 (Core Subjects and 21<sup>st</sup> Century Themes) ได้แก่ ภาษาอังกฤษ การอ่าน ศิลปะในการใช้ภาษา ภาษาต่างประเทศ คณิตศาสตร์ เศรษฐศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ศิลปะ ภูมิศาสตร์ ประวัติศาสตร์ หน้าที่พลเมือง และการปกครอง

2. ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) การคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา (Critical Thinking and Problem Solving) และการสื่อสารและการร่วมมือ (Communication and Collaboration)

3. ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) ได้แก่ การรู้เท่าทันสารสนเทศ (Information Literacy) การรู้เท่าทันสื่อ (Media Literacy) และการรู้เท่าทันเทคโนโลยีสารสนเทศ (ICT (Information, Communication & Technology Literacy)

4. ทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) ได้แก่ ความยืดหยุ่นและความสามารถในการปรับตัว (Flexibility and Adaptability) ความคิดริเริ่มและการชี้นำตนเอง (Initiative and Self Direction) ทักษะทางสังคมและการเรียนรู้ข้ามวัฒนธรรม (Social and Cross-cultural Skills) การเพิ่มผลผลิตและความรับผิดชอบ (Productivity and Accountability) และความเป็นผู้นำและความรับผิดชอบ (Leadership and Responsibility)

## 5.2 องค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21

มีนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอองค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21 ดังต่อไปนี้ Trilling Bernie and Fadel Charles (2009) ได้กล่าวว่า ทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ 3Rs x 7Cs

3Rs หมายถึง ทักษะการเรียนรู้ที่ ประกอบด้วย Reading (ทักษะการอ่าน) WRiting (ทักษะการเขียน) และ ARithmetic (ทักษะทางคณิตศาสตร์)

7Cs ประกอบด้วย

1. Critical Thinking and Problem Solving คือ ทักษะด้านการคิดอย่างมีวิจาร์ณญาณและทักษะในการแก้ปัญหา

2. Communication, Information and Media Literacy คือ ทักษะด้านการสื่อสารสนเทศ และรู้เท่าทันสื่อ

3. Collaboration, Teamwork and Leadership คือ ทักษะด้านความร่วมมือ การทำงานเป็นทีม และภาวะผู้นำ

4. Creativity and Innovation คือ ทักษะด้านการสร้างสรรค์ และนวัตกรรม

5. Computing and Media Literacy คือ ทักษะด้านคอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)

6. Career and Learning Self-reliance คือ ทักษะอาชีพ และทักษะการเรียนรู้

7. Cross-cultural Understanding คือ ทักษะด้านความเข้าใจต่างวัฒนธรรม ต่างกระบวนทัศน์

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2558) ได้กล่าวถึงทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ E (4R + 7C)

E (Ethical person) หมายถึง นักเรียนไทยต้องเป็นพลเมืองไทย พลเมืองอาเซียน และพลเมืองโลกที่มีคุณภาพ และมีทักษะสำคัญที่จะสามารถดำรงชีวิตอยู่ในโลกปัจจุบันอย่างมีความสุขด้วยคุณธรรมและจริยธรรม

กลุ่ม 4R ประกอบด้วย

1. การรู้หนังสือ (Literacy) หมายถึง ความสามารถในการอ่านอย่างเข้าใจ และเขียนอย่างมีคุณภาพ

2. การรู้เรื่องจำนวน (Numeracy) หมายถึง ทักษะการใช้ตัวเลข ความน่าจะเป็น สถิติ ทักษะการชั่ง ตวง วัด และการวิเคราะห์เชิงปริมาณ

3. การใช้เหตุผล (Reasoning) หมายถึง ความสามารถในการอุปนัย นิรนัย การให้คำตอบแบบคาดคะเน การอุปมาอุปมัย และการใช้เหตุผลเชิงจริยธรรม

กลุ่ม 7C ประกอบด้วย

1. ทักษะการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving Skills) คือ ความสามารถของนักเรียนในการค้นคว้า การแก้ปัญหาและผลิตงานเชิงสร้างสรรค์ สร้างสิ่งประดิษฐ์ทางวิทยาศาสตร์ สร้างผลผลิตที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิต

2. ทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ (Critical Thinking Skills) คือ ความสามารถในการคิดอย่างชำนาญ

3. ทักษะการทำงานอย่างร่วมพลัง (Collaborative Skills) คือ ความสามารถในการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นทีม แบบร่วมมือกันจนทำให้งานสำเร็จ และทำให้นักเรียนมีความสุข เป็นกระบวนการที่เสริมสร้างความเป็นผู้นำ การรู้จักบทบาทผู้นำ บทบาทสมาชิกและกระบวนการกลุ่ม

4. ทักษะการสื่อสาร (Communicative Skills) คือ ความสามารถในการฟังอย่างเข้าใจ พูดอย่างสื่อสารได้ตรงและง่ายต่อความเข้าใจ อ่านอย่างเข้าใจ เขียนอย่างมีคุณภาพ

5. ทักษะการใช้คอมพิวเตอร์ (Computing Skills) คือ ความสามารถในการใช้คอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือในการค้นคว้าหาความรู้ ตลอดจนการนำไปใช้เพื่อการออกแบบและผลิตเชิงนวัตกรรม

6. ทักษะอาชีพ และทักษะการใช้ชีวิต (Career and Life Skills) คือ ความสามารถเชี่ยวชาญในอาชีพที่นักเรียนสนใจและถนัด ซึ่งมีฐานมาจากการเรียนในระดับพื้นฐานมาก่อน การมีอาชีพทำให้ชีวิตมีความสุขนำไปสู่การใช้ชีวิตอย่างมีคุณภาพ

7. ทักษะการใช้ชีวิตในวัฒนธรรมข้ามชาติ (Cross-Cultural Skills) คือ ความสามารถในการใช้ชีวิตอย่างมีความสุข รู้เขารู้เรา วิถีชีวิต การเมือง เศรษฐกิจ สังคม ประเพณี และวัฒนธรรมของต่างชาติ

วิจารณ์ พานิช (2557) ได้กล่าวว่าทักษะในศตวรรษที่ 21 คือ 3Rs + 8Cs + 2Ls โดยจะเพิ่ม Change ทักษะการเปลี่ยนแปลง Learning skills ทักษะการเรียนรู้ และ Leadership ภาวะผู้นำ เข้ามา โดยทักษะเหล่านี้จะได้รับผ่านการเรียนโดยการลงมือปฏิบัติ (Learning by doing) หรือการเรียนแบบ Active Learning โดยมีครูหรืออาจารย์ทำหน้าที่ออกแบบกิจกรรม

จากข้อมูลดังกล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า องค์ประกอบของทักษะในศตวรรษที่ 21 ประกอบด้วย ทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม (Learning and Innovation Skills) ทักษะด้านสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี (Information, Media and Technology Skills) และทักษะชีวิตและการทำงาน (Life and Career Skills) โดยผู้วิจัยได้เลือกศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation) เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้ความคิดและแนวคิดที่หลากหลายในการทำงานอย่างสร้างสรรค์ และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน (Communication and Collaboration) เพื่อให้นักเรียนสามารถสื่อสารได้อย่างชัดเจน และเตรียมความพร้อมสำหรับการทำงานเป็นกลุ่มได้ของนักเรียนหลังจากได้รับการศึกษาด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี

### 5.2.1 การสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)

Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills (วิโรจน์ สารรัตนะ, 2556) ได้กล่าวถึงการสร้างสรรค์และนวัตกรรม ดังนี้

1. คิดอย่างสร้างสรรค์ (Think creativity) ใช้เทคนิคการสร้างความคิดที่หลากหลาย (การระดมสมอง) สร้างมุมมองใหม่และคุ่มค่า ทำความเข้าใจ ปรับปรุง วิเคราะห์ และประเมินความคิดตนเอง เพื่อปรับปรุงและพัฒนาความคิดสร้างสรรค์

2. ทำงานอย่างสร้างสรรค์กับคนอื่น (Work creativity with others) พัฒนาปฏิบัติ และสื่อสารความคิดใหม่สู่คนอื่น เปิดกว้างและตอบสนองต่อทัศนใหม่ ๆ ที่หลากหลาย นำมาใช้ประโยชน์ และมีผลสะท้อนต่อการทำงาน แสดงให้เห็นถึงความเป็นต้นตอหรือเป็นแหล่งประดิษฐ์ในการทำงาน และเข้าใจข้อจำกัดของโลกที่เป็นจริงในการนำเอาความคิดใหม่มาใช้ มองความล้มเหลวเป็นโอกาสเพื่อการเรียนรู้ เข้าใจว่าการสร้างสรรค์และนวัตกรรมต้องอาศัยเวลา ต้องทำซ้ำ ๆ อีกหลายครั้งและจะยังพบข้อผิดพลาดอีกบ่อยครั้ง

3. สร้างสรรค์นวัตกรรม (Implement innovations) นำเอาความคิดที่สร้างสรรค์ไปปฏิบัติให้เกิดผลที่เป็นรูปธรรม มีผลที่เป็นประโยชน์ต่อสิ่งที่จะเกิดจากนวัตกรรมนั้น

### 5.2.1.1 ความคิดสร้างสรรค์

#### 5.2.1.1.1 ความหมายของความคิดสร้างสรรค์

ความคิดสร้างสรรค์ (Creative thinking) เป็นองค์ประกอบหนึ่งของทักษะในศตวรรษที่ 21 ในด้านทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้มีผู้รู้และนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

กิลฟอร์ด (1956) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นความสามารถในการคิดแบบอเนกนัย หรือการคิดแบบกระจาย (Divergent Thinking) เป็นความคิดที่หลากหลายทิศทาง คิดได้กว้าง ได้แก่ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดรายละเอียด และจะนำไปสู่การคิดสิ่งแปลกใหม่

ทอร์เรนซ์ (1971) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นโดยความสามารถของบุคคลที่ไม่มีขอบเขตจำกัด

โรลีย์ (1983) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่นำไปสู่ผลงานที่เกิดจากการจินตนาการ โดยไม่ซ้ำแบบใคร

ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์ (2546) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นความสามารถของสมองที่คิดได้หลายแง่มุม เรียกว่า ความคิดแบบอเนกนัย ซึ่งทำให้เกิดความคิดแปลกใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม เป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ รอบตัว เกิดการเรียนรู้ เข้าใจ จนเกิดความคิดเชิงจินตนาการ ซึ่งนำไปสู่การประดิษฐ์หรือคิดค้นสิ่งแปลกใหม่ หรือเพื่อการแก้ปัญหา ซึ่งจะอาศัยการบูรณาการประสบการณ์ความรู้ทั้งหมดที่ผ่านมา



พาสนา จุฬรัตน์ (2548) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นความสามารถของสมองในการคิดตอบสนองต่อเหตุการณ์หรือปัญหาได้หลายทิศทาง คิดได้แปลกใหม่ ไม่ซ้ำแบบเดิม รวมถึงสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ นำไปสู่การค้นพบสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ

สนธิ พลชัยยา (2557) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่าเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงความคิดเดิมกับจินตนาการแล้วสร้างเป็นความรู้ ความคิด หรือชิ้นงานใหม่ของตนเอง โดยใช้ความคิดที่หลากหลายในการคิดริเริ่มและการสร้างสรรค์ผลงาน หรือสิ่งใหม่ ๆ ที่เหมาะสมต่อการใช้งาน

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์ (2552) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นความสามารถของบุคคลที่แสดงความคิดหลากหลายแง่มุม โดยใช้ประสบการณ์ที่ผ่านมาเป็นพื้นฐานให้เกิดความคิดใหม่ และนำไปสู่การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งใหม่ ๆ

#### 5.2.1.1.2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์

กิลฟอร์ด (Guiford. 1962) ได้จำแนกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. ความคิดริเริ่ม (Originality) คือ ลักษณะความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจากความคิดธรรมดา ไม่ซ้ำกับความคิดของคนอื่น ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งใหม่ หรือสิ่งที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน แต่อาจเกิดจากอาศัยการสะสมและรวบรวมความคิดเดิมที่มีอยู่แล้วมาดัดแปลงหรือประยุกต์ให้ดีขึ้น หรือเป็นสิ่งใหม่ เช่น การสร้างเครื่องบินโดยนำแนวคิดมาจากการทำเครื่องบินร่อน

2. ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) คือ ความคล่องในการตอบสนองสิ่งเร้าได้มากที่สุด หรือความสามารถในการคิดคำตอบได้อย่างรวดเร็วภายใต้กรอบเวลาที่จำกัด

2.1 ปริมาณของความคิด (Ideational Fluency) ความสามารถในการคิดสิ่งที่ต้องการ โดยสามารถผลิตความคิดได้อย่างหลากหลาย แบ่งออกเป็นความคิดคล่องทางด้านถ้อยคำ ความคิดคล่องทางด้านการเชื่อมโยงสัมพันธ์ ความคิดคล่องทางด้านการแสดงออก และความคิดคล่องแคล่วในการคิด

2.2 การหาความสัมพันธ์หรือการเปรียบเทียบ (Associational Fluency) ความสามารถในการหาถ้อยคำที่มีความหมายเหมือนหรือคล้ายคลึงกันได้อย่างรวดเร็ว



2.3 ความสามารถในการแสดงออก (Expressional Fluency) ความสามารถในการนำคำมาเรียงเป็นวลีหรือประโยคเพื่อแสดงจุดหมายที่ต้องการได้อย่างเหมาะสม

3. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) คือ ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลากหลายทิศทาง

3.1 สามารถคิดคำตอบได้หลากหลายโดยไม่ต้องมีคำแนะนำ (Spontaneous Flexibility) คือความสามารถในการคิดอย่างอิสระ สามารถคิดได้หลายประเภทหลายอย่าง แต่คนที่ไม่มีความคิดยืดหยุ่นคือจะตอบได้เพียงอย่างเดียว หรือสองอย่างเท่านั้น

3.2 ความคิดริเริ่มที่เป็นของตัวเอง (Adaptive Flexibility) คือความสามารถในการตัดแปลงความรู้ ประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ในการแก้ปัญหา

4. ความคิดรายละเอียด (Elaboration) คือ การคิดตกแต่งในรายละเอียดเพื่อขยายความคิดให้สมบูรณ์ ซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการสังเกตเพื่อไม่ละเลยในรายละเอียดต่าง ๆ ที่มองข้ามไป เป็นลักษณะที่จำเป็นสำหรับการสร้างชิ้นงานที่มีความแปลกใหม่ได้สำเร็จ

พาสนา จุฬรัตน์ (2548) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ มี 8 ประการ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

1. ความสามารถทางสติปัญญา ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม (Originality) ความคิดคล่องแคล่ว (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความประณีตหรือความละเอียดลออ (Elaboration)

2. ความสามารถทางด้านจิตใจและความรู้สึก ประกอบด้วย ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) ความสลับซับซ้อน (Complexity) ความกล้าเสี่ยง (Risk-taking) และความคิดคำนึงหรือจินตนาการ (Imagination)

จากที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึงความสามารถในการคิดแบบอนैनัย มีลักษณะของความคิดที่หลากหลาย คิดได้หลายทิศทางหรือความสามารถของบุคคลในการสร้างสรรค์ผลงานหรือชิ้นงานประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ คือ ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดรายละเอียด

### 5.2.1.1.3 การวัดความคิดสร้างสรรค์

การวัดความคิดสร้างสรรค์ ทำให้ทราบถึงระดับความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน มีนักการศึกษาได้กล่าวถึงวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ ไว้ดังนี้

อารี พันธุ์ณี (2557) ได้กล่าวถึงวิธีการวัดความคิดสร้างสรรค์ไว้ดังนี้

1. การสังเกต หมายถึง การสังเกตพฤติกรรมการแสดงออกของนักเรียนในเชิงสร้างสรรค์
2. การวาดภาพ หมายถึง การให้นักเรียนถ่ายทอดความคิดจากสิ่งเร้าที่กำหนดออกมาเป็นรูปธรรม และสามารถสื่อความหมายได้
3. รอยหยดหมึก หมายถึง การให้นักเรียนดูภาพรอยหยดหมึกแล้วคิดตอบจากภาพที่นักเรียนเห็น มักใช้กับนักเรียนระดับประถมศึกษา
4. การเขียนเรียงความและงานศิลปะ หมายถึง การให้นักเรียนเขียนเรียงความจากหัวข้อที่กำหนด และการประเมินงานศิลปะของนักเรียน
5. แบบทดสอบ หมายถึง การให้นักเรียนทำแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มาตรฐาน เป็นผลมาจากการวิจัยเกี่ยวกับธรรมชาติของความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์มีทั้งใช้ภาษาและภาพเป็นสื่อ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนแสดงออกเชิงความคิดสร้างสรรค์ แบบทดสอบมีการกำหนดเวลาด้วย เช่น แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของกิลฟอร์ด แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ เป็นต้น

การวัดความคิดสร้างสรรค์ เป็นการประเมินโดยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ และแบบสำรวจพฤติกรรมหรือแบบสังเกตพฤติกรรมเป็นเครื่องมือในการประเมินวัดพฤติกรรมความคิดสร้างสรรค์ โดยมีผู้รู้และนักการศึกษาหลายท่านกล่าวไว้ดังนี้

ทอแรนซ์ (Torrance. 1972) (อารี พันธุ์ณี, 2557) ได้กล่าวถึงการวัดประเมินความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ มีดังนี้

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking creativity with picture)
2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยใช้ภาษา (Thinking creativity with words)
3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking creativity with sounds and words)

4. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยการปฏิบัติและการเคลื่อนไหว (Thinking creativity with action and movement) ซึ่งมีทั้งแบบสำรวจ และแบบทดสอบ

## 5.2.2 การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน (Communication and Collaboration)

### 5.2.2.1 การสื่อสาร (Communication)

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2530) ได้ให้ความหมายของการสื่อสารไว้ว่า เป็นกระบวนการส่งหรือถ่ายทอดเนื้อหาสาระ ประสบการณ์ ความคิดเห็น ความรู้สึก อารมณ์ ความสนใจ ทักษะ ค่านิยม จากผู้ส่งไปยังผู้รับ โดยผ่านสื่อกลางประเภทต่าง ๆ และมีผลย้อนกลับมายังผู้ส่งเพื่อให้ได้ทราบถึงปฏิกิริยาของผู้รับสาร โดยการสื่อสารสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา เช่น การสื่อสารส่วนตัว การสื่อสารระหว่างบุคคล การสื่อสารเป็นกลุ่ม และการสื่อสารมวลชน โดยวัตถุประสงค์ของการสื่อสารไว้ว่า เพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมของผู้รับตามที่ผู้ส่งกำหนดไว้ โดยแบ่งเป็น 3 ประเภท

1. พฤติกรรมประเภทพุทธิพิสัย (Cognitive behavior) เป็นการมุ่งเพื่อให้ผู้รับได้รับความรู้ ความคิด เนื้อหาสาระและประสบการณ์
  2. พฤติกรรมประเภทจิตพิสัย (Affective behavior) เป็นการมุ่งให้ผู้รับได้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับอารมณ์ ความรู้สึก ความสนใจ ทักษะ และค่านิยม
  3. พฤติกรรมประเภททักษะพิสัย (Skills) เป็นการมุ่งให้ผู้รับมีทักษะความชำนาญในการกระทำ เช่น ทักษะที่เกี่ยวข้องกับร่างกาย ได้แก่ การใช้วิทยะต่าง ๆ ของร่างกาย และทักษะที่เกี่ยวข้องสติปัญญา ได้แก่ ทักษะการคิดทางคณิตศาสตร์ การแก้โจทย์คณิตศาสตร์ เป็นต้น
- Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills (วิโรจน์ สารรัตนะ, 2556) ได้กล่าวถึง การสื่อสาร ดังนี้

1. การนำเสนอความนึกคิดอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งการพูด การเขียน และการกระทำ อย่างหลายรูปแบบและบริบท
2. ฟังอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อตีความหมายทั้งในความรู้ ค่านิยม ทักษะ และความสนใจ
3. ใช้การสื่อสารเพื่อจุดมุ่งหมายต่าง ๆ เช่น การแจ้งข่าว การสอน การจูงใจ การเชื่อถือ เป็นต้น
4. นำเอาสื่อและเทคโนโลยีมาใช้อย่างเป็นพหุ อย่างรู้ความมีประสิทธิภาพและผลกระทบ

5. สื่อสารได้อย่างมีประสิทธิภาพในหลาย ๆ สถานการณ์แวดล้อม รวมทั้งการใช้ภาษาได้หลายภาษาด้วย

### 5.2.3 การร่วมมือทำงาน (Collaboration)

สำนักงาน ก.พ. (2016) กล่าวว่าการทำงานร่วมมือทำงาน เป็นการทำงานร่วมกันของสมาชิก โดยมีวัตถุประสงค์ และเป้าหมายเดียวกัน มีการใช้ข้อมูลร่วมกัน และช่วยกันตัดสินใจภายในขอบเขตที่รับผิดชอบของแต่ละคน เนื่องจากสมาชิกแต่ละคนมีความสามารถที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งเมื่อนำความสามารถของสมาชิกแต่ละคนมารวมกันจึงทำให้ผลงานมีประสิทธิภาพ

Partnership for 21<sup>st</sup> Century Skills (วิโรจน์ สารรัตนะ, 2556) ได้กล่าวถึงการทำงานร่วมมือทำงาน ดังนี้

1. แสดงถึงความสามารถที่จะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและอย่างเคารพซึ่งกันและกันกับคนอื่นหรือกลุ่มอื่นที่หลากหลาย
2. แสดงออกถึงความยืดหยุ่นและเต็มใจที่จะช่วยเหลือเพื่อให้บรรลุเป้าหมายร่วมกัน
3. มีความรับผิดชอบต่อร่วมกันกับการทำงานแบบมีส่วนร่วม และให้คุณค่ากับแต่ละคนที่เป็นส่วนหนึ่งของทีม

## 5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21

### งานวิจัยในประเทศ

กนกวรรณ เหลืองทอง (2549) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมีความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ปวิวัติ ศรีทิพย์ศักดิ์ (2560) ได้ศึกษาเรื่อง แนวปฏิบัติในการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 และแนวคิดเรื่อง สารละลาย ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ด้วยโครงการโดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ผลการวิจัยพบว่าครูควรสร้างแรงบันดาลใจในการเรียนด้วยโครงการโดยใช้ ICT โดยครูควรแสดงผลสะท้อนกลับเพื่อกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ในชิ้นงานของนักเรียน

ภัสสร ติตมา (2558) ได้ศึกษาเรื่อง การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนตั้งคำถาม ขั้นตอนจินตนาการ ขั้นตอนวางแผน ขั้นสร้าง และขั้นปรับปรุง เรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์ เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education ทำให้นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์ระหว่างเรียนเพิ่มขึ้น โดยพัฒนาด้านความคิดริเริ่มได้ดีที่สุด รองลงมาคือความคิดคล่องแคล่ว ความคิดละเอียดลออ และความคิดยืดหยุ่น ตามลำดับ

อับดุลยามีน หะยีซาเดร์ (2560) ได้ศึกษาเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมาก หลังได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

#### งานวิจัยต่างประเทศ

Lou Jer S.; et al. (2017) ได้ศึกษาเรื่อง การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ในออกแบบเรือเดินสมุทร โดยใช้  $\text{CaC}_2$  จากการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่เห็นดีกับการออกแบบกิจกรรมการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาโดยใช้โครงงานเป็นฐานจะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์และความสามารถในการเรียนรู้ โดยประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

### บทที่ 3

## วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

#### การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง

##### ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 3 ห้องเรียน

##### การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 แผนการเรียน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ได้จากการเลือกแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) เป็นนักเรียนจำนวนทั้งสิ้น 61 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

กลุ่มทดลอง นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 35 คน

กลุ่มควบคุม นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะเคมี (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้; Inquiry-based learning, 5E) จำนวน 26 คน

โดยกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีความเท่าเทียมกัน โดยวัดจากการทำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนการจัดการเรียนรู้ และทำการเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t-test for independent samples (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)



## เนื้อหา

เนื้อหาที่นำมาใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ เนื้อหาในชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามแบบเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 สารและมาตรฐานการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พันธะเคมี ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้ การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะ และพลังงานพันธะ รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์

## ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษา

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 ระยะเวลา 3 สัปดาห์ โดยใช้เวลารวมทั้งหมด 9 คาบเรียน (คาบเรียนละ 50 นาที) รวมการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ในช่วงเดือน สิงหาคม - กันยายน 2561

ตาราง 1 แสดงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

สัปดาห์ ที่	กิจกรรมการเรียนรู้	จำนวน คาบเรียน
1	คาบเรียนที่ 1 ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม พร้อมทั้งชี้แจงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย	1
	คาบเรียนที่ 2 จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ระหว่างการทำกิจกรรมและการนำเสนอชิ้นงาน ประเมินโดยใช้แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	1



ตาราง 1 (ต่อ)

สัปดาห์ ที่	กิจกรรมการเรียนรู้	จำนวน คาบเรียน
	และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน นักเรียนเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ได้แก่ สถานการณ์ปัญหาขณะเดินเมือง	
	คาบเรียนที่ 3 ค้นคว้าความรู้องค์ประกอบของกระดาษ โครงสร้างของกระดาษ โดย ใช้กระดาษเป็นตัวแทนในการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี ประกอบด้วย การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงาน พันธะ รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยว ระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์	1
2	คาบเรียนที่ 4 – 5 นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบและสร้างชิ้นงานจากกระดาษรีไซเคิล และออกแบบการนำเสนอชิ้นงาน	2
	คาบเรียนที่ 6 - 7 นักเรียนแต่ละกลุ่มทดสอบความแข็งแรง ความคงทนของชิ้นงานจาก กระดาษรีไซเคิล พร้อมปรับปรุงให้ดีขึ้น	2
3	คาบเรียนที่ 8 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอชิ้นงานจากกระดาษรีไซเคิล ตามหัวข้อที่กำหนด	1
	คาบเรียนที่ 9 ทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการ เรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	1
	รวม	9

## การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

### เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
3. แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
4. แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน

### ขั้นตอนการสร้างชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การสร้างชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 พบว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในสาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ และสาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

2. ศึกษาเนื้อหาเรื่อง พันธะเคมี จากหนังสือและเอกสารต่าง ๆ เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาเรื่องพันธะเคมี โดยเนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยของรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เรื่อง พันธะโคเวเลนต์ ประกอบด้วย การเกิดและชนิดของพันธะโคเวเลนต์ ความยาวพันธะและพลังงานพันธะ รูปร่างและสภาพขั้วของโมเลกุลโคเวเลนต์ และแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดย

กำหนดให้ชุดกิจกรรมมี 1 กิจกรรม คือ กิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี จำนวน 9 คาบเรียน

3. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาเป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เข้าด้วยกัน

4. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างชุดกิจกรรม จากการศึกษาข้อมูลดังกล่าว พบว่า ซึ่งในงานวิจัยนี้คือ ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

5. การสร้างชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ดังภาคผนวก ง)

5.1 วางแผนและออกแบบกิจกรรมในชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ดำเนินการสร้างชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี ใช้รูปแบบการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา โดยมีการบูรณาการความรู้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และคณิตศาสตร์ ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ทั้งหมด 2 แผนการจัดการเรียนรู้ โดยกิจกรรมการเรียนรู้ตามขั้นตอนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

#### คาบเรียนที่ 1

เริ่มการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนทำการทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม พร้อมชี้แจงการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ซึ่งรูปแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ได้จัดการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม 5 ขั้นตอน ดังนี้

## คาบเรียนที่ 2

ขั้น 1 การระบุปัญหา (Identify a challenge) โดยเริ่มจากการให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คน นักเรียนแต่ละกลุ่มเรียนรู้ผ่านสถานการณ์ที่กำหนด โดยเป็นสถานการณ์ที่เป็นปัญหาที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ได้แก่ สถานการณ์ปัญหาขยะล้นเมือง ซึ่งนักเรียนจะได้ร่วมกันวิเคราะห์ปัญหา อภิปรายและหาแนวทางแก้ไขผ่านการทำกิจกรรม ดังนี้

### สถานการณ์ปัญหาขยะล้นเมือง

จากการขยายชุมชน และการเพิ่มขึ้นของประชากร ส่งผลให้เกิดปัญหาขยะล้นเมืองซึ่งถือได้ว่าเป็นปัญหาที่สำคัญลำดับแรกๆ ของประเทศ และเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อากาศเสีย น้ำเสีย เป็นแหล่งพาหะนำโรค มีการสูญเสียงบประมาณในการกำจัดเป็นจำนวนมาก เนื่องจากประชาชนยังขาดความรู้ความเข้าใจในการแยกขยะก่อนทิ้ง ซึ่งทำให้การกำจัดขยะเป็นไปได้ยากและเชื่องช้า ดังนั้นปัญหาดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่ทุกคนไม่ควรละเลยต้องร่วมมือกันแก้ไข หนึ่งในแนวทางที่ช่วยกันแก้ปัญหาในระดับเริ่มแรกได้คือ การแยกขยะก่อนทิ้ง ซึ่งในปัจจุบันมีหน่วยงานและองค์กรต่าง ๆ ให้ความสำคัญต่อปัญหาขยะล้นเมืองได้เริ่มประชาสัมพันธ์ ให้ความรู้เกี่ยวกับการแยกขยะ โดยกำหนดสีของถังขยะสำหรับการระบุประเภทของขยะ เพื่อให้เข้าใจได้ง่าย โดยจำแนกออกเป็น 4 ประเภท จากสถานการณ์ ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม ดังนี้

- กิจกรรมที่ 1 ให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดยกตัวอย่างขยะแต่ละประเภทที่พบเห็นภายในโรงเรียน

- กิจกรรมที่ 2 ให้นักเรียนยกตัวอย่างแนวทางในการจัดการขยะประเภทรีไซเคิล โดยใช้แนวคิด 3Rs

- กิจกรรมที่ 3 ให้นักเรียนเรียนรู้ประเภทของขยะรีไซเคิลแต่ละประเภท พร้อมทั้งให้นักเรียนเลือกกรีไซเคิลขยะประเภทใดเป็นอันดับแรก โดยมีข้อจำกัดคือสามารถรีไซเคิลได้ง่ายและปลอดภัย และระบุวิธีการเพิ่มมูลค่าของขยะรีไซเคิลที่เลือก

- กิจกรรมที่ 4 ให้นักเรียนระบุวิธีการแก้ปัญหามลพิษหรือขยะล้นเมืองในโรงเรียน และของใช้ในชีวิตประจำวันที่มีกระดาษ เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ (ดังภาคผนวก ง)

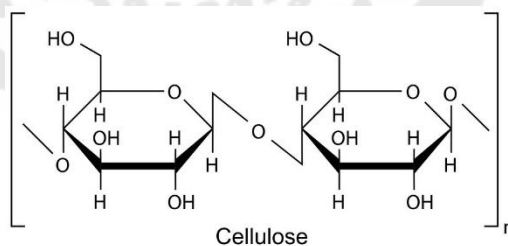
### คาบเรียนที่ 3

ขั้น 2 การค้นคว้าแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas) จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความมั่งคั่งประกอบของกระดาษ โครงสร้างของกระดาษ และดำเนินการสอนโดยใช้กระดาษเป็นตัวแทนในการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี

#### โครงสร้างของกระดาษ

1. องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย เกิดจากเส้นใยจำนวนมากสานกันอย่างไม่เป็นระเบียบ โดยทั่วไปเป็นเส้นใยจากธรรมชาติ หรืออาจเป็นเส้นใยสังเคราะห์ ที่ใช้ทดแทนการใช้เส้นใยจากธรรมชาติ เส้นใยธรรมชาติ หรือเส้นใยที่มาจากพืช ทำมาจากไม้เนื้ออ่อน เช่น ต้นสน ต้นยูคาลิปตัส ซึ่งมีเส้นใยยาว ช่วยทำให้กระดาษมีความแข็งแรงและเหนียว และไม้เนื้อแข็ง จำพวกต้นโอ๊ก ต้นเมเปิล จะได้เส้นใยที่สั้นกว่า แต่ช่วยทำให้กระดาษเรียบและทึบแสงมากขึ้น รวมถึงพืชล้มลุก เช่น ต้นกก ปอกระเจา อ้อย ฝ้าย

1.1 เซลลูโลส (Cellulose) มีสูตรโมเลกุล คือ  $(C_6H_{10}O_5)_n$  เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ชนิดโฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสประมาณ 50,000 โมเลกุล เชื่อมต่อกันเป็นสายยาวด้วยพันธะ 1,4- $\beta$ -glycosidic bond และระหว่างแถวมีการยึดเหนี่ยวกันด้วย พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) เป็นองค์ประกอบที่สามารถพบในเซลล์พืช สมบัติของเซลลูโลสคือ ไม่ละลายในน้ำ แต่จะทำปฏิกิริยากับกรดแก่



ภาพประกอบ 5 โครงสร้างเซลลูโลส

ที่มา, <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/cellulose-polymer-structure-of-molecule-vector-3769539>

1.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภท พอลิแซ็กคาไรด์ (Polysaccharide) ชนิดโคพอลิเมอร์ (Copolymer) ประกอบด้วยโมเลกุลของ น้ำตาลหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแมนโนส น้ำตาลแกลกโทส น้ำตาลไซโลส และ น้ำตาล อะราบิโนส

1.3 ลิกนิน (Lignin) ทำหน้าที่เชื่อมให้เส้นใยให้อยู่ด้วยกัน เมื่อผ่าน กระบวนการผลิตกระดาษ ลิกนินจะถูกกำจัดออกจากเยื่อกระดาษ เนื่องจากลิกนินจะทำให้ กระดาษเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับแสง

ตัวอย่างการเรียนรู้เรื่อง พันธะเคมี โดยอาศัยสถานการณ์ที่กำหนด ดังนี้

1. สถานการณ์การนำกระดาษแช่น้ำ และตั้งคำถามเพราะเหตุใด กระดาษจึงเปื่อยยุ่ย เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ เรื่อง แรงระหว่างโมเลกุล

2. สถานการณ์การกำจัดขยะกระดาษ โดยทำการเผา เพื่อให้นักเรียน ได้เรียนรู้ เรื่อง การคำนวณพลังงานของปฏิกิริยา

3. การทดสอบการกำจัดหมึกออกจากกระดาษ โดยยกตัวอย่าง ประเภทกระดาษ และสารเคมี เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ เรื่อง การละลายของโมเลกุลโคเวเลนต์ เป็น ต้น

คาบเรียนที่ 4 - 5

ขั้น 3 การวางแผนและการพัฒนา (Plan and develop) นักเรียนแต่ละ กลุ่มร่วมกันออกแบบและประดิษฐ์ชิ้นงานจากกระดาษรีไซเคิล พร้อมทั้งอธิบายวิธีการประดิษฐ์ ชิ้นงาน โดยมีวัตถุประสงค์ คือ สามารถใช้งานได้จริง และเพิ่มมูลค่าให้กับกระดาษ โดยเริ่มจาก การให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันระดมความคิด นำเสนอชิ้นงานที่สนใจ เพื่อหาข้อสรุปร่วมกัน ตั้ง ชื่อชิ้นงาน พร้อมทั้งระบุจุดเด่นของชิ้นงานที่คาดว่าจะได้รับ

คาบเรียนที่ 6 - 7

ขั้น 4 ขั้นการทดสอบและการประเมินผล (Test and evaluate) นักเรียน แต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปรายละเอียดต่าง ๆ ของชิ้นงานที่ได้จากกระดาษรีไซเคิล ทดสอบความ แข็งแรง ความคงทน ของชิ้นงาน พร้อมทั้งระบุจุดเด่น และข้อควรที่ปรับปรุง แล้วนำมาปรับปรุง ชิ้นงานให้ดีขึ้น



### คาบเรียนที่ 8 - 9

ขั้น 5 การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the solution) นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันนำเสนอชิ้นงานที่นักเรียนสร้างขึ้นผ่านการจัดนิทรรศการ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้มีการถามตอบของครูและเพื่อนนักเรียนต่างกลุ่ม โดยมีหัวข้อในการนำเสนอ ดังนี้ ชื่อชิ้นงานจากกระดาษรีไซเคิล เหตุผลในการเลือกทำชิ้นงาน จุดเด่นของชิ้นงานจากกระดาษรีไซเคิล และสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างไร

โดยระหว่างการทำงานและการนำเสนอ นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้รับการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงานจากครู โดยใช้แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน และทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

**วิธีการหาคุณภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

การตรวจสอบคุณภาพชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีขั้นตอนการหาคุณภาพดังนี้

1. ด้านความเหมาะสมขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน โดยเครื่องมือในการประเมินคือ แบบประเมินชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า 5 ระดับ ตามแนวของลิเคอร์ท์ ดังนี้

มีความเหมาะสมมากที่สุด	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 5
มีความเหมาะสมมาก	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4
มีความเหมาะสมปานกลาง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3
มีความเหมาะสมน้อย	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2
มีความเหมาะสมน้อยที่สุด	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1

การแปลความหมาย โดยค่าเฉลี่ยน้ำหนักคะแนน แบ่งออกเป็น 5 ระดับ คือ

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง	มีความเหมาะสมมากที่สุด
ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง	มีความเหมาะสมมาก
ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง	มีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อย
ค่าเฉลี่ย 1.00-1.50 หมายถึง	มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

จากการนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ตรวจสอบพิจารณา ผลการประเมิน พบว่า ความเหมาะสมขององค์ประกอบชุดกิจกรรม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.51 - 4.50 หมายความว่า องค์ประกอบของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมมาก (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

2. ด้านความสอดคล้องขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน โดยเครื่องมือในการประเมินคือ แบบประเมินชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีลักษณะเป็นมาตรฐานค่า 3 ระดับ ดังนี้

ระดับ	+1	หมายความว่า	สอดคล้อง
ระดับ	0	หมายความว่า	ไม่แน่ใจ
ระดับ	-1	หมายความว่า	ไม่สอดคล้อง

จากการนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านตรวจสอบพิจารณา และตรวจสอบโดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Congruence, IOC) คำนวณได้จากสูตร (1) ผลการประเมิน พบว่า ความสอดคล้องขององค์ประกอบชุดกิจกรรม มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ระหว่าง 0.33 - 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

$$IOC = \frac{\Sigma R}{N} \dots\dots\dots (1)$$

IOC	แทน ดัชนีความสอดคล้อง
$\Sigma R$	แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
N	แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3. จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ควรปรับภาพประกอบโครงสร้างทางเคมีให้ชัดเจน รวมถึงปรับปรุงจำนวนข้อคำถามในการวัดและประเมินผลมีจำนวนมากเกินไป และผู้เชี่ยวชาญเสนอให้เพิ่มเนื้อหาให้ครอบคลุม ได้แก่ หัวข้อรูปร่างโมเลกุลและมุมพันธะ ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้ ปรับภาพประกอบโครงสร้างทางเคมีให้ชัดเจนมากขึ้น ปรับจำนวนข้อคำถามในการวัดและประเมินผลให้มีความเหมาะสม และเพิ่มเนื้อหาในหัวข้อรูปร่างโมเลกุลและมุมพันธะเข้าไปให้สมบูรณ์มากขึ้น

4. นำชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านการพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม พร้อมทั้งปรับปรุงและแก้ไขชุดกิจกรรม ดังนี้

4.1 ทดลองกลุ่มเล็กกับนักเรียน 3 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้การสัมภาษณ์และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แล้วนำข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข โดยนักเรียนระบุว่าชุดกิจกรรมมีสีสันสวยงาม รูปภาพประกอบชัดเจน มีรูปแบบที่น่าสนใจ ทำให้เกิดการกระตุ้นการอยากเรียนรู้ของนักเรียน แต่ต้องการให้มีการปรับภาษาให้เกิดความเข้าใจง่าย ผู้วิจัยจึงทำการปรับปรุงและแก้ไขข้อความในชุดกิจกรรมให้อ่านเข้าใจง่ายขึ้น

4.2 ทดลองกลุ่มเล็กกับนักเรียน 9 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการใช้การสัมภาษณ์ และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แล้วนำข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข โดยนักเรียนระบุว่า ชุดกิจกรรมมีสีสันสวยงาม มีรูปแบบที่น่าสนใจ ทำให้เกิดการกระตุ้นการอยากเรียนรู้ของนักเรียน และข้อความในชุดกิจกรรมอ่านและทำความเข้าใจง่าย

4.3 ทดลองกลุ่มใหญ่กับนักเรียน 20 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้และเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้เป็นไปตามเกณฑ์ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 70/70

โดย E1 คือ ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบกิจกรรมระหว่าง ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

E2 คือ ค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (หลังเรียน) เรื่อง พันธะเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

5. จากการนำชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้ปรับปรุงและแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากทม. เขต 2 จำนวน 20 คน ที่ยังไม่เคยเรียนด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา พบว่า ในการทำใบกิจกรรมระหว่าง ดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 74.79 และจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละ 70.47 จึงสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับ

มัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 74.79/70.47 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 70/70 (ดูในรายละเอียดภาคผนวก ข)

### ขั้นตอนการสร้างแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ในการสร้างแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งจะทำการวัดก่อนเรียนและหลังเรียน โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการวัดความสามารถ เพื่อสร้างแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบและการเขียนข้อสอบแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่ใช้ในการศึกษาคั้งนี้ประกอบด้วย 4 ด้าน คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ

3. สร้างแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นแบบทดสอบชนิดเขียนตอบ จำนวน 3 สถานการณ์ 9 ข้อ โดยในแต่ละสถานการณ์จะประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยแบบวัดที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นได้ดัดแปลงตามนิยามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ของกิลล์ฟอร์ด

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยดัดแปลงจากทอแรนซ์ (Torrance, 1969) โดยมีวิธีการให้คะแนนดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) ได้ให้คะแนนตามจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สอดคล้องกับคำถาม โดยเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ ดังนี้

จำนวนคำตอบ 7 คำตอบขึ้นไป	ระดับคะแนน คือ 4 คะแนน
จำนวนคำตอบ 5 - 6 คำตอบ	ระดับคะแนน คือ 3 คะแนน
จำนวนคำตอบ 3 - 4 คำตอบ	ระดับคะแนน คือ 2 คะแนน
จำนวนคำตอบ 1 - 2 คำตอบ	ระดับคะแนน คือ 1 คะแนน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) โดยพิจารณาจากจำนวนคำตอบของนักเรียนที่สามารถตอบได้ในแต่ละข้อ โดยให้คะแนนตามเกณฑ์ดังนี้

จำนวนกลุ่มคำตอบ 4 กลุ่มขึ้นไป ระดับคะแนน คือ 4 คะแนน

จำนวนกลุ่มคำตอบ 3 กลุ่ม ระดับคะแนน คือ 3 คะแนน

จำนวนกลุ่มคำตอบ 2 กลุ่ม ระดับคะแนน คือ 2 คะแนน

จำนวนกลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม ระดับคะแนน คือ 1 คะแนน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) โดยพิจารณาจากความถี่ของข้อมูลนักเรียน คะแนนความคิดริเริ่มจะพิจารณาจากข้อมูลของนักเรียนที่สอบในครั้งเดียวกัน โดยพิจารณาเป็นร้อยละความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมด โดยตรวจสอบแต่ละข้อมูลที่ใช้มีนักเรียนตอบซ้ำกันมากน้อยแค่ไหน โดยเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

นักเรียนตอบซ้ำกัน ไม่เกินร้อยละ 10 ของนักเรียนทั้งหมดจะได้ 4  
คะแนน

นักเรียนตอบซ้ำกัน ไม่เกินร้อยละ 20 ของนักเรียนทั้งหมด จะได้ 3  
คะแนน

นักเรียนตอบซ้ำกัน ไม่เกินร้อยละ 30 ของนักเรียนทั้งหมด จะได้ 2  
คะแนน

นักเรียนตอบซ้ำกัน ไม่เกินร้อยละ 40 ของนักเรียนทั้งหมด จะได้ 1  
คะแนน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) บอกรายละเอียดอย่างเป็นขั้นตอน สามารถอธิบายให้เห็นภาพชัดเจน มีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

4 คะแนน หมายถึง มีการบรรยาย/วาดภาพขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน  
อย่างละเอียด ระบุจุดเด่นและลักษณะต่าง ๆ

3 คะแนน หมายถึง มีการบรรยาย/วาดภาพขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน  
อย่างละเอียด

2 คะแนน หมายถึง มีการบรรยาย/วาดภาพบางขั้นตอนวิธีการ  
ดำเนินงาน

1 คะแนน หมายถึง มีการบรรยาย/วาดภาพขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน  
อย่างไม่ชัดเจน



## วิธีการหาคุณภาพของแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

การหาคุณภาพของแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. นำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบ ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบวัดเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข ดังนี้

ตาราง 2 ข้อเสนอแนะจากการตรวจแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของผู้เชี่ยวชาญ

ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ	การแก้ไข
1. ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้คำสำคัญในการประเมิน	ปรับแก้โดยการเพิ่มคำสำคัญเพื่อใช้สำหรับการประเมิน ได้แก่ “จงบอกวิธีการ” “จงอธิบายวิธีการ” “จงระบุ” เพื่อให้สามารถประเมินผลได้
2. ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับภาษาให้อ่านแล้วเข้าใจได้ง่าย	ปรับภาษาให้อ่านแล้วเข้าใจได้ง่าย ได้แก่ “จงบอกวิธีการแก้ปัญหาในการลดขยะพลาสติกให้ได้มากที่สุด” “จงระบุว่า จะนำขวดพลาสติกที่เหลือใช้ไปประดิษฐ์สิ่งของที่มีประโยชน์ได้อย่างไรบ้าง ให้นักเรียนระบุให้ได้มากที่สุด
3. ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้เพิ่มคำชี้แจงในการทำแบบวัด	เพิ่มคำชี้แจง “ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ข้างต้น แล้วตอบคำถามต่อไปนี้”
4. ผู้เชี่ยวชาญเสนอให้พิจารณาปรับแก้เวลาและจำนวนข้อคำถามในแบบวัดให้เหมาะสม	ปรับจำนวนข้อคำถามให้แบบวัดให้เหมาะสมกับเวลา คือ 2 สถานการณ์ สถานการณ์ละ 3 ข้อ เวลา 30 นาที

2. นำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร จำนวน 20 คน

3. นำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หาค่าความยากง่าย (p) โดยใช้สูตร (2) และอำนาจจำแนก (r) โดยใช้สูตร (3) เป็นรายชื่อ แล้วคัดเลือกแบบวัดที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30 - 0.60 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป จำนวน 2 สถานการณ์ โดยในแต่ละสถานการณ์จะประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ โดยหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก จากสูตร

ค่าความยากง่าย (Difficulty, p) (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2558)

$$p = \frac{\Sigma x_H + \Sigma x_L + 2nx_{\min}}{2n(x_{\max} - x_{\min})} \dots\dots\dots (2)$$

p	แทน ค่าความยากง่าย
$\Sigma x_H$	แทน ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มสูง
$\Sigma x_L$	แทน ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มต่ำ
$x_{\max}$	แทน คะแนนสูงสุดของข้อนั้น
$x_{\min}$	แทน คะแนนต่ำสุดของข้อนั้น
n	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามในแต่ละกลุ่ม

ค่าอำนาจในการจำแนก (Discrimination index, r) (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2558)

$$r = \frac{\Sigma x_H - \Sigma x_L}{n(x_{\max} - x_{\min})} \dots\dots\dots (3)$$

r	แทน ค่าอำนาจในการจำแนก
$\Sigma x_H$	แทน ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มสูง
$\Sigma x_L$	แทน ผลรวมของคะแนนข้อนั้นในกลุ่มต่ำ
$x_{\max}$	แทน คะแนนสูงสุดของข้อนั้น
$x_{\min}$	แทน คะแนนต่ำสุดของข้อนั้น
n	แทน จำนวนนักเรียนที่ตอบคำถามในแต่ละกลุ่ม

4. นำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หาค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งฉบับ ( $r_p$ ) โดยคำนวณจากสูตร (4) ค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนแบค ซึ่งค่าความเชื่อมั่นมีค่าเท่ากับ 0.52 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[ 1 - \frac{\sum S^2}{S_t^2} \right] \dots\dots\dots (4)$$

$\alpha$	แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถาม
K	แทน จำนวนข้อสอบ
$\sum S^2$	แทน ค่าความแปรปรวนของแบบสอบถามแต่ละข้อ
$S_t^2$	แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนแบบสอบถามทั้งหมด

5. นำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง

### ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ในการสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งจะทำการประเมินหลังเรียน โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมิน ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการประเมินความสามารถ เพื่อสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบประเมินและการเขียนแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
3. สร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม เป็นแบบประเมิน

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้าน การเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยดัดแปลงมาจาก Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning (2015) และ Buck institute for education (2015). โดย ใช้เกณฑ์การให้คะแนน Rubric มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับที่ 1-5 คะแนน ดังนี้

ดีมาก	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 5
ดี	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4
ปานกลาง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3
พอใช้	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2
ควรปรับปรุง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1

และกำหนดเกณฑ์การสรุปผลการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมดังนี้

คะแนนช่วงร้อยละ 80 - 100	ระดับทักษะ ดีมาก
คะแนนช่วงร้อยละ 70 - 79	ระดับทักษะ ดี
คะแนนช่วงร้อยละ 60 - 69	ระดับทักษะ ปานกลาง
คะแนนช่วงร้อยละ 50 - 59	ระดับทักษะ พอใช้
คะแนนช่วงร้อยละ 0 - 49	ระดับทักษะ ควรปรับปรุง

**ขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน**

ในการสร้างขั้นตอนการสร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ซึ่งจะทำการประเมินระหว่างเรียนและหลัง เรียน โดยมีขั้นตอนการสร้างแบบประเมิน ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการวัดความสามารถ เพื่อสร้างแบบประเมินทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน

2. ศึกษาเอกสารเกี่ยวกับการวัดและประเมินผล วิธีการสร้างแบบทดสอบและ การเขียนแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ การสื่อสารและ การร่วมมือทำงาน

3. สร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน เป็นแบบประเมินโดยครูผู้สอน

ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การตรวจให้คะแนนแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน โดยดัดแปลงมาจาก Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning (2015) และ Buck institute for education (2015). โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน Rubric มีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับที่ 1-5 คะแนน ดังนี้

ดีมาก	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 5
ดี	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 4
ปานกลาง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 3
พอใช้	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 2
ควรปรับปรุง	ให้ค่าน้ำหนักคะแนนเป็น 1

และกำหนดเกณฑ์การสรุปผลการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ดังนี้

คะแนนช่วงร้อยละ 80 - 100	ระดับทักษะ ดีมาก
คะแนนช่วงร้อยละ 70 - 79	ระดับทักษะ ดี
คะแนนช่วงร้อยละ 60 - 69	ระดับทักษะ ปานกลาง
คะแนนช่วงร้อยละ 50 - 59	ระดับทักษะ พอใช้
คะแนนช่วงร้อยละ 0 - 49	ระดับทักษะ ควรปรับปรุง

**วิธีการหาคุณภาพของแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน**

การหาคุณภาพของแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. นำแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงานผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และ ผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบ ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมิน และเกณฑ์การให้คะแนน ซึ่งการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมีลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า 3 ระดับ โดยแต่ละระดับมีความหมาย ดังนี้

ระดับ	+1	หมายความว่า	สอดคล้อง
ระดับ	0	หมายความว่า	ไม่แน่ใจ
ระดับ	-1	หมายความว่า	ไม่สอดคล้อง

ผู้วิจัยพบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 0.00 - 0.67 ) และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 0.00 - 0.67

2. จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ได้รับคำแนะนำให้ปรับปรุงองค์ประกอบการประเมินให้สอดคล้องและเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการวัด และแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ การสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ได้รับคำแนะนำให้ปรับเกณฑ์การให้คะแนนของแบบประเมินให้สอดคล้องกับสิ่งที่ผู้วิจัยต้องการวัด อีกทั้งควรมีการสะท้อนความคิดเห็นทั้งเชิงบวกและเชิงลบเพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพ

3. นำแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงานที่ผ่านปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง

### การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามลำดับ ดังนี้

1. เลือกนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 แผนการเรียน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งสิ้น 61 คน ที่ได้จากการเลือกแบบแบ่งกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 26 คน

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง



3. ดำเนินการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองโดยได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ระยะเวลา 3 สัปดาห์ จำนวน 9 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที และสำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง พันธะเคมี (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E)

4. ประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน โดยใช้แบบประเมินระหว่างการจัดการกิจกรรม ระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง

5. ทดสอบหลังเรียน (Posttest) โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่ผู้วิจัยได้จัดทำขึ้น ทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง

6. นำผลคะแนนจากการทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน จากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีการทางสถิติ และผลจากแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน มาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ระดับทักษะ เพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

#### แบบแผนการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - experimental Design) ซึ่งทำการทดลองตามแบบ Nonrandomized control group pretest-posttest design โดยมีการวัดก่อนและหลังให้สิ่งทดลอง (พรณี ลีกิจวัฒน์, 2558)

ตาราง 3 แบบแผนภาพการทดลอง Nonrandomized control group pretest - posttest design

กลุ่มที่ศึกษา	สอบก่อน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลัง
E	T <sub>1E</sub>	X	T <sub>2E</sub>
C	T <sub>1C</sub>	-	T <sub>2C</sub>

### สัญลักษณ์ที่ใช้ในการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลอง
C	แทน	กลุ่มควบคุม
T <sub>1</sub>	แทน	การทดสอบก่อนการเรียน โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
T <sub>2</sub>	แทน	การทดสอบหลังการเรียน โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม
X	แทน	การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

### การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยคำนวณจากสูตร E1/E2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2013) โดย

$$E1 = \frac{\sum X}{N} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

$$E2 = \frac{\sum F}{N} \times 100 \dots\dots\dots(6)$$

E1 แทน ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบฝึกหัดในชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

E2 แทน ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

$\sum X$  แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบฝึกหัดในชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

$\Sigma F$  แทน ผลรวมของคะแนนจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการ เรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย

A แทน ผลรวมของคะแนนเต็มของแบบฝึกหัดในชุดกิจกรรมตามแนวสะ ตีมิศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย

B แทน ผลรวมของคะแนนเต็มของแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้าน การเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ตอนปลาย

N แทน จำนวนนักเรียนทั้งหมด

2. เปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะ ตีมิศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้สถิติแบบ t-test for Dependent Sample (พรอณี ลีกิจวัฒน์, 2558)

$$t = \frac{\Sigma D}{\sqrt{\frac{n\Sigma D^2 - (\Sigma D)^2}{n-1}}} \dots\dots\dots(7)$$

t แทน ค่าที่ใช้พิจารณาการแจกแจง

D แทน ผลต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

n แทน จำนวนนักเรียน

$\Sigma D$  แทน ผลรวมของความแตกต่างจากการเปรียบเทียบกันเป็นรายบุคคล ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียน

$(\Sigma D)^2$  แทน ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างจากการเปรียบเทียบ ระหว่างคะแนนที่ได้จากการทดสอบก่อนเรียนกับหลังเรียน

3. เปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) โดยใช้สถิติแบบ t-test for Independent Sample (พรรณี ลีกิจวัฒน์, 2558)

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \left\{ \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right\}}} \dots\dots\dots(8)$$

t	แทน	ค่าสถิติจะเปรียบเทียบกับค่าวิกฤติเพื่อทราบความมีนัยสำคัญ
$\bar{x}_1$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่มทดลอง
$\bar{x}_2$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนกลุ่มทดลอง
$S_1^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มทดลอง
$S_2^2$	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนกลุ่มทดลอง
$n_1$	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง
$n_2$	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม

4. วิเคราะห์คะแนนจากการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน โดยใช้วิธีการทางสถิติ ร้อยละค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{N} \dots\dots\dots(9)$$

$\bar{x}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
$\sum x$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด

ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน โดยคำนวณจากสูตร

$$S. D. = \frac{\sum x^2 - (\sum X)^2}{N-1} \dots\dots\dots(10)$$

S.D.	แทน	คะแนนเฉลี่ย
$\sum x^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละตัวยกกำลังสอง
N	แทน	จำนวนนักเรียนทั้งหมด



## บทที่ 4

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและการแปลผลข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการนำเสนอตามความมุ่งหมายของการวิจัย และได้ทำการทดสอบสมมติฐานของการวิจัย ตามลำดับดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีประสิทธิภาพ

ความมุ่งหมายข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ความมุ่งหมายข้อที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E)

ความมุ่งหมายข้อที่ 4 เพื่อศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

จากความมุ่งหมายของการวิจัยทั้ง 4 ข้อ ผู้วิจัยได้นำมากำหนดเป็นสมมติฐาน ดังนี้  
สมมติฐานข้อที่ 1 ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 70/70



สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน อยู่ในระดับดีขึ้น

### ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลและแปลผลข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการนำเสนอตามความมุ่งหมายของการวิจัย และทดสอบสมมติฐานของการวิจัย ตามลำดับดังต่อไปนี้

**ความมุ่งหมายข้อที่ 1 เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีประสิทธิภาพ**

สมมติฐานข้อที่ 1 ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 70/70

จากสมมติฐานข้อที่ 1 ผู้วิจัยได้พัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกำหนดเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 70/70 โดย

E1 คือ ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบกิจกรรมระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

E2 คือ ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนทุกคนจากการประเมินครั้งสุดท้าย หลังจากเรียนทุกกิจกรรมโดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล สามารถแปลผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามมติฐานได้ดังต่อไปนี้

จากนั้นได้ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 20 คน เป็นเวลา 9 คาบเรียน เมื่อวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (E1/E2) เท่ากับ 74.49/70.47 ดังแสดงในตาราง 4

ตาราง 4 แสดงค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบกิจกรรมระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (E1) และค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (หลังเรียน) เรื่อง พันธะเคมี (E2)

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าร้อยละ (E1)	ค่าร้อยละ (E2)
ระหว่างเรียน	20	24	17.95	2.68	74.79	-
หลังเรียน	20	32	22.55	2.35	-	70.47
การหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (E1/E2)					74.79/70.47	

จากตาราง 4 พบว่า ในการทำใบกิจกรรมระหว่างเรียนของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนเต็ม 24 คะแนน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 17.95 คิดเป็นค่าร้อยละ 74.79 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.68 และหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะใน

ศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีคะแนนเต็มหลังเรียน เท่ากับ 32 คะแนน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียน เท่ากับ 22.55 คิดเป็นค่าร้อยละ 70.47 และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 2.35 จึงสรุปได้ว่า ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 74.79/70.47 ซึ่ง เป็นไปตามเกณฑ์ ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม (E1/E2) เท่ากับ 70/70 ที่กำหนดไว้ เนื่องจาก นักเรียนมีความตั้งใจ และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี ทำให้ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ สมมติฐานข้อที่ 1 ที่กำหนดไว้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

**ความมุ่งหมายข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอน ปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย**

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่า ก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิด สร้างสรรค์และนวัตกรรมก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษา ตอนปลาย โดยพัฒนาขึ้นจากการบูรณาการความรู้ ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และคณิตศาสตร์ จัดกิจกรรมผ่านกระบวนการเชิงวิศวกรรม โดยใช้แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ฉบับเดียวกัน จากนั้นนำ คะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และ นวัตกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียนมาศึกษาเปรียบเทียบผลต่าง โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for dependent samples ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 5

ตาราง 5 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

การทดสอบ	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	df	p
หลังเรียน	35	32	20.09	3.41	11.02	34	.000
ก่อนเรียน	35	32	12.46	3.30			

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 5 พบว่า คะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีคะแนนเต็ม 32 คะแนน ผลคะแนนก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 12.46 และ 3.30 ตามลำดับ และผลคะแนนหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 20.09 และ 3.41 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ t-test for dependent samples มีค่าเท่ากับ 11.02 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยของทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ผู้วิจัยได้นำคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งลำดับชั้นความคิดสร้างสรรค์ตามนิยามองค์ประกอบของ กิลล์ฟอร์ด ประกอบด้วย ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดคล่อง ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ มาศึกษาเปรียบเทียบผลต่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test for dependent samples ปรากฏผลดังตารางที่ 6

ตาราง 6 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยแบ่งลำดับชั้นความคิดสร้างสรรค์ตามนิยามองค์ประกอบของกิลล์ฟอร์ด ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

องค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	การทดสอบ	ค่าสถิติ			t	p
			คะแนนเฉลี่ย	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน		
ด้านความคิด คล่อง	8	หลังเรียน	5.34	66.79	1.80	7.98	.000
		ก่อนเรียน	3.23	40.36	1.37		
ด้านความคิด ยืดหยุ่น	8	หลังเรียน	2.86	35.71	0.65	1.83	.077
		ก่อนเรียน	2.40	30.00	1.19		
ด้านความคิด ริเริ่ม	8	หลังเรียน	6.40	80.00	0.95	3.28	.002
		ก่อนเรียน	5.26	65.71	1.95		
ด้านความคิด ละเอียดลออ	8	หลังเรียน	5.49	68.57	1.63	14.02	.000
		ก่อนเรียน	1.57	19.64	1.12		

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 6 พบว่า ผลคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยแบ่งลำดับชั้นความคิดสร้างสรรค์ตามนิยามองค์ประกอบของกิลล์ฟอร์ด ประกอบด้วย ด้านความคิดยืดหยุ่น ด้านความคิดคล่อง ด้านความคิดริเริ่ม และด้านความคิดละเอียดลออ พบว่า

ด้านความคิดคล่อง นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 3.23 คิดเป็นร้อยละ 40.36 และหลังเรียน เท่ากับ 5.34 คิดเป็นร้อยละ 66.79 เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ t-test dependent samples มีค่าเท่ากับ 7.98 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้านความคิดยืดหยุ่น นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 2.40 คิดเป็นร้อยละ 30.00 และหลังเรียน เท่ากับ 2.86 คิดเป็นร้อยละ 35.71 เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ t-test dependent samples มีค่าเท่ากับ 1.83 ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

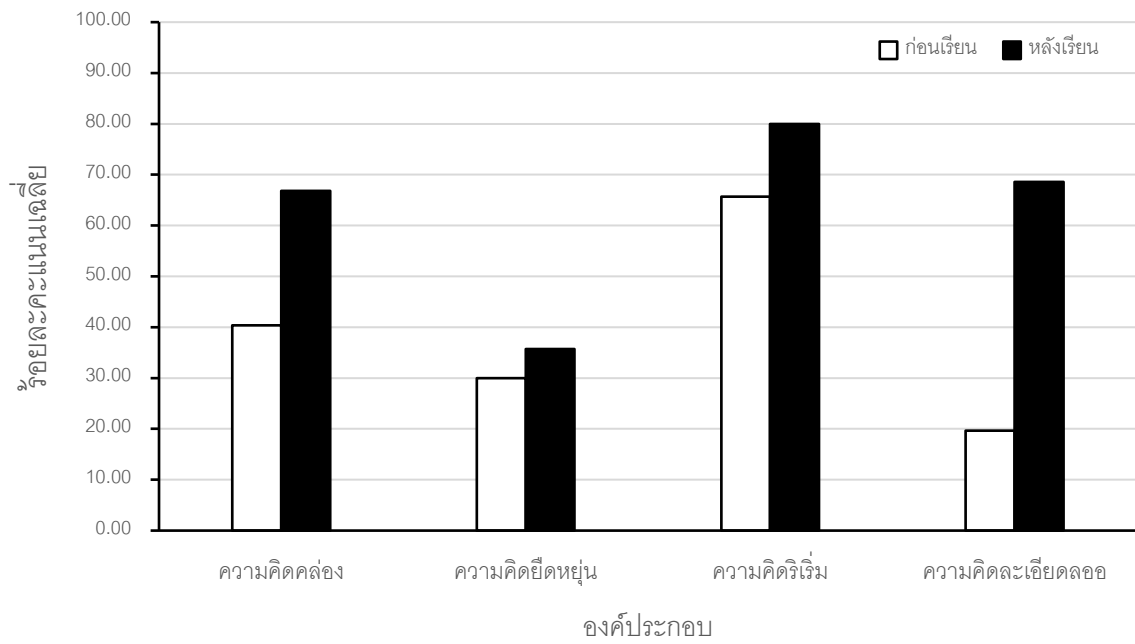
ด้านความคิดริเริ่ม นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 5.26 คิดเป็นร้อยละ 65.71 และหลังเรียน เท่ากับ 6.40 คิดเป็นร้อยละ 80.00 เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ t-test dependent samples มีค่าเท่ากับ 3.28 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ด้านความคิดละเอียดลออ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียน เท่ากับ 1.57 คิดเป็นร้อยละ 19.64 และหลังเรียน เท่ากับ 5.49 คิดเป็นร้อยละ 68.57 เมื่อเปรียบเทียบผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้การทดสอบทางสถิติแบบ t-test dependent samples มีค่าเท่ากับ 14.02 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกด้าน

จากนั้นนำข้อมูลจากตาราง 6 มาสร้างเป็นแผนภูมิแท่งเพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง แสดงดังภาพประกอบ 6





ภาพประกอบ 6 แผนภูมิแท่งแสดงการเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลอง

ความมุ่งหมายข้อที่ 3 เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E)

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองซึ่งได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) โดยใช้แบบวัดทักษะที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นฉบับเดียวกัน จากนั้นนำผลคะแนนหลังการจัดการเรียนรู้ของทั้ง 2 กลุ่ม มาวิเคราะห์โดยใช้วิธีทางสถิติแบบ t-test independent samples ปรากฏผลดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E)

กลุ่มของนักเรียน	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	df	p
กลุ่มทดลอง	35	32	20.09	3.42	6.259	59	.000
กลุ่มควบคุม	26	32	14.04	4.12			

ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 7 คะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีคะแนนเต็ม 32 คะแนน สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 20.09 และ 3.42 ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มควบคุมมีคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 14.04 และ 4.12 ตามลำดับ เมื่อทำการทดสอบทางสถิติแบบ t-test independent samples มีค่าเท่ากับ 6.259 ซึ่งแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สามารถสรุปได้ว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

ความมุ่งหมายข้อที่ 4 เพื่อศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน อยู่ในระดับดีขึ้นไป

ผู้วิจัยทำการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 2 ด้าน ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ดังต่อไปนี้

1. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

ผู้วิจัยได้นำคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยทำการประเมินตามสภาพจริง จากแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการ

เรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (แบบประเมิน คะแนนลักษณะมาตรฐานค่า Scoring Rubric) มาศึกษาหาค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ ดังตาราง 8

ตาราง 8 แสดงคะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และระดับความสามารถของ ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะ ในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ระดับ
1. การคิดอย่างสร้างสรรค์				
1.1 การเลือกวัสดุอย่างเหมาะสม	4.67	0.52	93.33	ดีมาก
1.2 ความคุ้มค่า	4.50	0.55	90.00	ดีมาก
1.3 รูปแบบของชิ้นงาน	4.44	0.40	88.89	ดีมาก
เฉลี่ย	4.54	0.47	90.74	ดีมาก
2. การทำงานอย่างสร้างสรรค์				
2.1 การวางแผนการทำงาน	4.22	0.66	84.44	ดีมาก
2.2 ขั้นตอนการทำงาน	4.22	0.34	84.44	ดีมาก
2.3 การนำเสนอชิ้นงาน	4.39	0.49	87.78	ดีมาก
เฉลี่ย	4.28	0.49	85.56	ดีมาก
3. การสร้างสรรค์นวัตกรรม				
3.1 ความสวยงาม ประณีต คงทน	4.11	0.72	82.22	ดีมาก
3.2 มีความเป็นนวัตกรรม (มีความแปลกใหม่)	3.50	0.72	70.00	ดี
3.3 มีความเป็นนวัตกรรม (ใช้ประโยชน์ได้จริง)	4.72	0.25	94.44	ดีมาก
เฉลี่ย	4.11	0.77	82.22	ดีมาก

จากตาราง 8 ผลการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประกอบด้วย 3 ด้าน ได้แก่ ด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ ด้านการทำงานอย่างสร้างสรรค์ และด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรม พบว่า

1) ด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วย การเลือกใช้วัสดุอย่างเหมาะสม มีค่าเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 93.33 อยู่ในระดับ ดีมาก ความคุ้มค่า มีค่าเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 90.00 อยู่ในระดับ ดีมาก รูปแบบของชิ้นงาน มีค่าเฉลี่ย 4.44 คิดเป็นร้อยละ 88.89 อยู่ในระดับ ดีมาก สรุปได้ว่า นักเรียนมีทักษะด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์เฉลี่ย 4.54 คิดเป็นร้อยละ 90.74 ซึ่งอยู่ในระดับ ดีมาก (ภาพประกอบ 7)

2) ด้านการทำงานอย่างสร้างสรรค์ ประกอบด้วย การวางแผนการทำงาน มีค่าเฉลี่ย 4.22 คิดเป็นร้อยละ 84.44 อยู่ในระดับ ดีมาก ขั้นตอนการทำงาน มีค่าเฉลี่ย 4.22 คิดเป็นร้อยละ 84.44 อยู่ในระดับ ดีมาก การนำเสนอชิ้นงาน มีค่าเฉลี่ย 4.39 คิดเป็นร้อยละ 87.78 อยู่ในระดับ ดีมาก สรุปได้ว่า นักเรียนทักษะด้านการทำงานอย่างสร้างสรรค์เฉลี่ย 4.28 คิดเป็นร้อยละ 85.56 ซึ่งอยู่ในระดับ ดีมาก (ภาพประกอบ 8)

3) ด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรม ประกอบด้วย ความสวยงาม ประณีต คงทน มีค่าเฉลี่ย 4.11 คิดเป็นร้อยละ 82.22 อยู่ในระดับ ดีมาก มีความเป็นนวัตกรรม (มีความแปลกใหม่) มีค่าเฉลี่ย 3.50 คิดเป็นร้อยละ 70.00 อยู่ในระดับ ดี มีความเป็นนวัตกรรม (ใช้ประโยชน์ได้จริง) มีค่าเฉลี่ย 4.72 คิดเป็นร้อยละ 94.44 อยู่ในระดับ ดีมาก สรุปได้ว่า นักเรียนทักษะด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรมเฉลี่ย 4.11 คิดเป็นร้อยละ 82.22 ซึ่งอยู่ในระดับ ดีมาก (ภาพประกอบ 9)



ภาพประกอบ 7 ตัวอย่างการออกแบบชิ้นงานของนักเรียน





ภาพประกอบ 8 ตัวอย่างโปสเตอร์การนำเสนอชิ้นงาน



ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างชิ้นงานของนักเรียน



2. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน

ผู้วิจัยได้นำคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยทำการประเมินตามสภาพจริง จากแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (แบบประเมินคะแนนลักษณะเป็นมาตราประมาณค่า Rating Scale) มาศึกษาหาค่าเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละ แสดงดังตาราง 9

ตาราง 9 แสดงคะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และระดับความสามารถของทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	คะแนนเฉลี่ยร้อยละ	ระดับ
1. การสื่อสารอย่างชัดเจน				
1.1 พูดสื่อสาร ถ่ายทอดความคิดอย่างชัดเจน	4.06	0.57	81.11	ดีมาก
1.2 มีบุคลิกภาพและการแสดงออก	4.22	0.54	84.44	ดีมาก
1.3 เนื้อหาในการนำเสนอ	4.17	0.69	83.33	ดีมาก
เฉลี่ย	4.15	0.57	82.96	ดีมาก
2. การร่วมมือทำงาน				
2.1 ทำงานเป็นกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ	4.28	0.53	85.56	ดีมาก
2.2 รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น	4.67	0.42	93.33	ดีมาก
2.3 แสดงความคิดเห็น	4.50	0.35	90.00	ดีมาก
2.4 ส่งงานตามกำหนดเวลา	5.00	0.00	100.00	ดีมาก
เฉลี่ย	4.61	0.45	92.22	ดีมาก

จากตาราง 9 ผลการประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ประกอบด้วย 2 ด้าน ได้แก่ ด้านการสื่อสารอย่างชัดเจน และด้านการร่วมมือทำงานพบว่า

1) ด้านการสื่อสารอย่างชัดเจน ประกอบด้วย พุดสื่อสาร ถ่ายทอดความคิดอย่างชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 4.06 คิดเป็นร้อยละ 81.11 อยู่ในระดับ ดีมาก มีบุคลิกภาพและการแสดงออก มีค่าเฉลี่ย 4.22 คิดเป็นร้อยละ 84.44 อยู่ในระดับ ดีมาก เนื้อหาในการนำเสนอ มีค่าเฉลี่ย 4.17 คิดเป็นร้อยละ 83.33 อยู่ในระดับ ดีมาก สรุปได้ว่า นักเรียนมีทักษะด้านการสื่อสารอย่างชัดเจนเฉลี่ย 4.15 คิดเป็นร้อยละ 82.96 อยู่ในระดับ ดีมาก (ภาพประกอบ 10)

2) ด้านการร่วมมือทำงาน ประกอบด้วย ทำงานเป็นกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ มีค่าเฉลี่ย 4.28 คิดเป็นร้อยละ 85.56 อยู่ในระดับ ดีมาก รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีค่าเฉลี่ย 4.67 คิดเป็นร้อยละ 93.33 อยู่ในระดับ ดีมาก แสดงความคิดเห็น มีค่าเฉลี่ย 4.50 คิดเป็นร้อยละ 90.00 อยู่ในระดับ ดีมาก ส่งงานตามกำหนดเวลา มีค่าเฉลี่ย 5.00 คิดเป็นร้อยละ 100.00 อยู่ในระดับ ดีมาก สรุปได้ว่า นักเรียนทักษะด้านการร่วมมือทำงาน มีเฉลี่ย 4.61 คิดเป็นร้อยละ 92.22 ซึ่งอยู่ในระดับ ดีมาก (ภาพประกอบ 11)



ภาพประกอบ 10 ตัวอย่างการนำเสนอชิ้นงาน



ภาพประกอบ 11 ตัวอย่างการร่วมมือทำงาน



## บทที่ 5

### สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Quasi-experiment research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากนั้นศึกษาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมที่ได้พัฒนาขึ้นในทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ซึ่งสามารถสรุปสาระสำคัญของงานวิจัยได้ดังนี้

#### ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีประสิทธิภาพ
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E)
4. เพื่อศึกษาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

### สมมติฐานในการวิจัย

สมมติฐานข้อที่ 1 ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 ตามเกณฑ์ที่กำหนดไม่น้อยกว่า 70/70

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

สมมติฐานข้อที่ 4 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน อยู่ในระดับดีขึ้นไป

### วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการค้นคว้าแต่ละขั้นตอน ดังนี้

การพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนรู้ ขอบเขตของเนื้อหา การวัดและการประเมินผล ในการสร้างชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย



2. พัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน เพื่อประเมินคุณภาพด้านความเหมาะสมและความสอดคล้องขององค์ประกอบของชุดกิจกรรม พบว่า ความเหมาะสมขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีค่าเฉลี่ย 4.13 ซึ่งอยู่ระหว่าง 3.51 - 4.50 หมายความว่า องค์ประกอบของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมมาก และความสอดคล้องขององค์ประกอบของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า 0.33 – 1.00 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

3. นำชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผ่านการพิจารณาและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม พร้อมทั้งปรับปรุงและแก้ไขชุดกิจกรรม จำนวน 3 ครั้ง ประกอบด้วย ครั้งที่ 1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร กลุ่มเล็ก จำนวน 3 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องโดยใช้การสัมภาษณ์ และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แล้วนำข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข โดยนักเรียนระบุว่า ชุดกิจกรรมมีสีสันสวยงาม มีรูปแบบที่น่าสนใจ ทำให้เกิดการกระตุ้นการอยากเรียนรู้ของนักเรียน แต่ต้องการให้มีการปรับภาษาให้เกิดความเข้าใจง่าย ครั้งที่ 2 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานครกลุ่มเล็ก จำนวน 9 คน เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่อง โดยใช้การสัมภาษณ์ และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียน แล้วนำข้อมูลต่าง ๆ มาปรับปรุงแก้ไข โดยนักเรียนระบุว่า ชุดกิจกรรมมีสีสันสวยงาม มีรูปแบบที่น่าสนใจ ทำให้เกิดการกระตุ้นการอยากเรียนรู้ของนักเรียน และข้อความในชุดกิจกรรมอ่านและทำความเข้าใจง่าย และครั้งที่ 3 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานครกลุ่มใหญ่ จำนวน 20 คน เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้และเพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม



4. ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จากคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยใช้สูตร E1/E2 (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2013) โดย E1 คือ ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากใบกิจกรรมระหว่างดำเนินการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และ E2 คือ ค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (หลังเรียน) เรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยทำการทดลองกลุ่มใหญ่กับนักเรียน 20 คน ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ กรุงเทพมหานคร เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ตามเกณฑ์ที่คาดหวัง E1/E2 เท่ากับ 70/70 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค)

#### **การศึกษาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย**

ผู้วิจัยได้นำชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 74.79/70.47 ซึ่งไม่น้อยกว่าเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 70/70 ที่กำหนดไว้ ไปใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561 โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 แผนการเรียน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 35 คน เพื่อศึกษาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ของทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

## 1. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้

1.1 แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1.1 สร้างแบบวัดทักษะทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จำนวน 3 สถานการณ์ 9 ข้อ โดยดัดแปลงเกณฑ์การให้คะแนนของทอแรนซ์ (Torrance, 1969)

1.1.2 เสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน เพื่อประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

1.1.3 นำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ปรับปรุงแก้ไขแล้ว ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และเรียนเรื่องพันธะเคมีมาแล้ว จำนวน 20 คน จากนั้นนำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หาค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อ แล้วคัดเลือกแบบวัดที่มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30 – 0.60 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.1.4. นำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม วิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบวัดทั้งฉบับ จากสูตรการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา ( $\alpha$  - coefficient) ของครอนแบค (Cronbach) พบว่า แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.52 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข)

1.1.5. นำแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ใช้กับนักเรียนกลุ่มทดลอง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 แผนการเรียน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 35

1.2 แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

1.2.1 สร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยดัดแปลงมาจาก Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning (2015) และ Buck institute for education (2015) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน Rubric มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale)

1.2.2 นำแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบ ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมิน และเกณฑ์การให้คะแนน Rubric พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 0.00 - 0.67 จากนั้นผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.2.3 นำแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 แผนการเรียน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 35 คน

**2. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้**

2.1 สร้างแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน โดยดัดแปลงมาจาก Partnership for 21<sup>st</sup> Century Learning (2015) และ Buck institute for education (2015) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน Rubric มีลักษณะเป็นมาตรประมาณค่า (Rating Scale)

2.2 นำแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้สอนวิชาเคมีระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน เพื่อตรวจสอบ ประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมิน และเกณฑ์การให้คะแนน Rubric พบว่าผลการประเมินความสอดคล้องขององค์ประกอบของแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการ

ร่วมมือทำงาน ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าเท่ากับ 0.00 - 0.67 จากนั้นผู้วิจัยทำการปรับปรุงและแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

2.3 นำแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7 แผนการเรียน ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ - คณิตศาสตร์ จำนวน 35 คน

### สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 74.79/70.47 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 70/70 ที่กำหนดไว้

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน อยู่ในระดับดีมาก

## อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สามารถอภิปรายได้ดังต่อไปนี้

### 1. การพัฒนาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 74.79/70.47 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 70/70 ที่กำหนดไว้ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

**ประการแรก** ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้พัฒนาขึ้นอย่างเป็นระบบ โดยมีการศึกษาข้อมูลและเอกสารที่เกี่ยวข้อง มีการกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงการออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ ให้มีความเหมาะสมกับเนื้อหา ภาษาที่ใช้ และความน่าสนใจของชุดกิจกรรม และผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา 1 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน และผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาเคมี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย 1 ท่าน โดยผู้เชี่ยวชาญได้แนะนำให้เพิ่มภาพประกอบของโครงสร้างทางเคมีให้ชัดเจน เพิ่มส่วนของเนื้อหาในเรื่องรูปร่างโมเลกุล และมุมพันธะ รวมถึงปรับจำนวนข้อคำถามในการวัดและประเมินผล ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 จำนวน 3 คน และกลุ่มที่ 2 จำนวน 9 คน เพื่อศึกษาความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม โดยทำการสัมภาษณ์และการสังเกตพฤติกรรมของนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง หลังจากนั้นนำไปชุดกิจกรรมปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างกลุ่มใหญ่ จำนวน 20 คน เพื่อศึกษากระบวนการจัดการเรียนรู้ และหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ให้เป็นไปตามเกณฑ์ E1/E2 ไม่น้อยกว่า 70/70 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ เพชรศิริพันธ์ ตุ่นคำ (2559) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล: โปรตีนและลิพิด ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย และนำชุดกิจกรรมที่พัฒนาให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ประเมินคุณภาพและความสอดคล้องของชุดกิจกรรม และนำไปทดลองใช้กับนักเรียน จำนวน 9 คน และ 30 คน เช่นเดียวกับ กนกทิพย์ ยาทองไชย (2559) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา



เรื่อง ปีโตรเลียมและพลังงานทดแทน เพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่าชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพเป็นไปตามเกณฑ์ สรุปได้ว่า เมื่อนำชุดกิจกรรมไปใช้ทดลองกับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างกลุ่มเล็ก เพื่อดูความเหมาะสมของกิจกรรมที่ใช้ และหาข้อบกพร่องของชุดกิจกรรม ปรับปรุงแก้ไข ก่อนนำไปทดสอบประสิทธิภาพกับนักเรียนกลุ่มใหญ่ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม

**ประการที่สอง** ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ได้พัฒนา กิจกรรมที่มีการบูรณาการความรู้ข้ามกลุ่มสาขาวิชา ทั้ง 5 สาขาวิชาเข้าด้วยกัน ประกอบด้วย 1) วิทยาศาสตร์ (S) ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี 2) เทคโนโลยี (T) นักเรียนได้ทำการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากแหล่งเรียนรู้อินเทอร์เน็ต 3) ศิลปะ (A) นักเรียนได้วางแผนการทำงาน ออกแบบ และประดิษฐ์ชิ้นงาน ได้แก่ รูปร่าง สีส้น รวมถึงการออกแบบการนำเสนอชิ้นงาน และ 4) คณิตศาสตร์ (M) การคำนวณค่าใช้จ่าย ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการเชิงวิศวกรรม (E) พร้อมทั้งดำเนินกิจกรรม โดยใช้สถานการณ์ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน (Yakman Georgette, 2008) ได้แก่ สถานการณ์ปัญหาขยะล้นเมือง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิภาวี ทะนานทอง and ปิยรัตน์ ดรรบัณชิต (2561) ได้พัฒนาชุดกิจกรรม STEAM วิชาพื้นฐาน เคมี เรื่อง ปฏิริยาเคมี โดยอธิบายลักษณะชุดกิจกรรมที่บูรณาการสะเต็มศึกษา 5 สาขาวิชา เพื่อนำไปใช้กับ สถานการณ์ปัญหาประดิษฐ์เรือของเล่นโดยอาศัยปฏิริยาเคมีเพื่อช่วยในการเคลื่อนที่ โดยชุดกิจกรรมนี้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ ระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ ร่วมกับใช้สถานการณ์ปัญหาที่สามารถพบเจอได้ในชีวิตประจำวัน จึงช่วยให้ชุดกิจกรรมมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีประสิทธิภาพ E1/E2 เท่ากับ 74.79/70.47 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ประสิทธิภาพ E1/E2 มากกว่า 70/70 ที่กำหนดไว้



## 2. การอภิปรายผลด้านการศึกษาประสิทธิผลของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.1 ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่า มีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เมื่อได้รับการทดสอบด้วยแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม แสดงความสามารถของนักเรียนเป็นบุคคลในการตอบคำถามซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

**ประการแรก** นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ได้ใช้สถานการณ์ปัญหาที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน ได้แก่ สถานการณ์ปัญหาขยะล้นเมือง ร่วมกับการบูรณาการความรู้หลากหลายวิชาเข้าด้วยกัน โดยจัดผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ที่มีขั้นตอนจัดการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย 1) ขั้นระบุปัญหา นักเรียนได้ระดมความคิดเกี่ยวกับขยะแต่ละประเภทที่พบภายในโรงเรียน 2) ขั้นการค้นคว้าแนวคิดที่เกี่ยวข้อง 3) ขั้นการวางแผนและการพัฒนา นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิด นำเสนอชิ้นงานที่สนใจ เลือก วางแผน ออกแบบ และประดิษฐ์ชิ้นงาน 4) ขั้นการทดสอบและการประเมินผล นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันสรุปรายละเอียดของชิ้นงาน ทำการทดสอบความแข็งแรงของชิ้นงาน ระบุจุดเด่น และข้อควรปรับปรุง และ 5) ขั้นการนำเสนอผลลัพธ์ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ออกแบบการนำเสนอชิ้นงาน พร้อมทั้งมีการถามตอบระหว่างครูและเพื่อนต่างกลุ่ม ซึ่งในแต่ละขั้นตอนได้ส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ทำให้นักเรียนได้ร่วมกันระดมความคิด และเลือกสิ่งที่ดีที่สุด ในการลงมือทำชิ้นงาน ได้ลงมือปฏิบัติ ได้ลงมือการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนด ดังนั้น การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่มีการบูรณาการความรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี ศิลปะ และคณิตศาสตร์

ผ่านการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ในการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหา กำหนดกรอบ และแนวทางในการแก้ปัญหา (ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558) ทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการพัฒนาทักษะต่าง ๆ ซึ่งรวมถึงทักษะความคิดสร้างสรรค์ (Hadinugrahaningsih Tritiyatma, Rahmawati Yuli, & Ridwan Achmad, 2017) และความคิดสร้างสรรค์สามารถฝึกฝนและพัฒนาได้ด้วยการสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ (วิจารณ์ พานิช, 2555) สอดคล้องกับงานวิจัยของภััสสร ติตมา, มลิวรรณ นาคขุนทด, and สิริรินภา กิจเกื้อกูล (2015) ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยการจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education ซึ่งมีการบูรณาการความรู้หลากหลายวิชาเข้าด้วยกัน ได้แก่ 1) วิทยาศาสตร์ ใช้ในเนื้อหาเรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์ ประกอบด้วย ระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ และระบบขับถ่าย 2) เทคโนโลยี ใช้แอปพลิเคชันในสมาร์ตโฟนในการทำกิจกรรมวัดอัตราการเต้นของหัวใจ 3) วิศวกรรม ใช้ในการออกแบบสร้างแบบจำลองอวัยวะใหม่ในระบบหมุนเวียนเลือด และ 4) คณิตศาสตร์ ในการหาค่าเฉลี่ยของอัตราการเต้นของหัวใจของเพื่อนในกลุ่ม ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering Design Process : EiE) ประกอบด้วย 1) ขึ้นตั้งคำถาม โดยให้นักเรียนศึกษาข้อมูล และหาคำตอบเพื่อเลือกอวัยวะที่จะสร้าง 2) ขึ้นจินตนาการ ออกแบบรูปร่างของแบบจำลองเพื่อเลือกแบบที่เหมาะสมที่สุด 3) ขึ้นวางแผน ทำการระดมสมองเพื่อเลือกวัสดุที่ใช้สำหรับการสร้างแบบจำลอง 4) ขึ้นสร้าง ลงมือสร้างแบบจำลอง และ 5) ขึ้นปรับปรุง เพื่อให้ชิ้นงานสมบูรณ์มากขึ้น พบว่านักเรียนมีพัฒนาการด้านความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และงานวิจัยของ สาธิตา โสพิมพา, เฟลินพิศ ทองกวอด, and กติญา บุญสวน (2561) ได้ศึกษาผลความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ผ่านสถานการณ์ปัญหา ทำให้นักเรียนฝึกการคิดอย่างเป็นระบบ มีเหตุผล ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

**ประการที่สอง** การเปรียบเทียบคะแนนทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนเรียนและหลังเรียน โดยแบ่งเป็นลำดับขั้นความคิดสร้างสรรค์ตามแนวคิดของกิลล์ฟอร์ด ประกอบด้วย ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความริเริ่ม และความคิดละเอียดลออ ซึ่งพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกด้าน แต่คะแนนเฉลี่ยร้อยละของความคิดริเริ่มสูงกว่าความคิดยืดหยุ่น เนื่องจากความคิดยืดหยุ่น นักเรียนไม่สามารถคิดคำตอบได้หลากหลาย แต่ตอบได้เพียงอย่างเดียว หรือสองอย่างเท่านั้น แต่ความคิดริเริ่ม เป็น ความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างจาก

ความคิดธรรมดา ไม่ซ้ำกับความคิดของคนอื่น ซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นสิ่งใหม่ หรือสิ่งที่ไม่เคยปรากฏมาก่อน โดยทำการเปรียบเทียบจากคำร้อยละการตอบซ้ำกันของจำนวนนักเรียนในห้อง

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.2. ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เปรียบเทียบกับนักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E)

ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

**ประการแรก** การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นักเรียนได้มีโอกาสในฝึกทักษะมากกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ได้การจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ซึ่งในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม นักเรียนได้มีโอกาสในการระดมความคิดนำเสนอชิ้นงานที่สนใจ การวางแผน การออกแบบ และการประดิษฐ์ชิ้นงาน การออกแบบการนำเสนอชิ้นงาน รวมถึงนักเรียนยังได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรมจากการทำใบงานในชุดกิจกรรม ซึ่งในแต่ละกิจกรรม ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละด้าน เช่น กิจกรรมที่ 1 ให้นักเรียนร่วมกันระดมความคิดยกตัวอย่างขยะแต่ละประเภทที่พบเห็นภายในโรงเรียน เป็นคำถามที่พัฒนาความคิดคล่องของนักเรียน กิจกรรมที่ 2 ให้นักเรียนยกตัวอย่างแนวทางในการจัดการขยะประเภทรีไซเคิล โดยใช้แนวคิด 3Rs กิจกรรมที่ 3 ให้นักเรียนระบุนิเวศการเพิ่มมูลค่าของขยะรีไซเคิล และ กิจกรรมที่ 4 ให้นักเรียนระบุนิเวศการแก้ปัญหาคา

เหลือใช้ในโรงเรียน เป็นคำถามที่พัฒนาความคิดยืดหยุ่น การนำเสนอและหาข้อสรุปในการเลือก ประดิษฐ์ชิ้นงาน เป็นการพัฒนาความคิดริเริ่ม และการอธิบายวิธีการทำชิ้นงาน เป็นการพัฒนา ความคิดละเอียดลออ เป็นต้น ซึ่งส่งผลให้นักเรียนมีทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม มากกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบปกติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Koocharoenpisa Numphon, Tama Lersak, and Phankong Anuchit (2018) ได้ศึกษาผลการเรียนรู้และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมวิทยาศาสตร์ เรื่อง เสียงกับการได้ยิน พบว่า เมื่อนักเรียนได้ตอบคำถามจากแบบฝึกหัดทำกิจกรรม ซึ่งในแต่ละกิจกรรมจะทำให้ได้ฝึกฝน ความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในแต่ละด้าน ทำให้นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทาง วิทยาศาสตร์ สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และสอดคล้องกับ งานวิจัยของ เพ็ญลัดดา จิตจักร (2015) ได้ศึกษาผลของการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของ นักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เปรียบเทียบกับนักเรียนที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้แบบปกติ พบว่า ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ได้เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ใช้สถานการณ์ปัญหาที่ นักเรียนพบเห็นในชีวิตประจำวัน นักเรียนได้ฝึกการระดมความคิด การค้นหาวิธีแก้ปัญหาอย่าง หลากหลาย ร่วมกันเลือกวิธีการที่ดีที่สุด ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ทำใ้ นักเรียนที่ใช้ชุดกิจกรรมการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้นัก্ষะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ที่เรียนด้วยชุด กิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบปกติ (การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2.3 ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม หลังจากได้รับการ จัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

2.3.1 ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้าน ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะ เต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับ มัธยมศึกษาตอนปลาย อยู่ในระดับดีมาก เมื่อได้รับการประเมินตามสภาพจริงด้วยแบบประเมิน

ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

**ประการแรก** การจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education) เป็นรูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาขึ้นจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา โดยได้เพิ่มวิชาศิลปะเข้าไป ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี พัฒนาทักษะ และเป็นการพัฒนาสมองทั้งสองซีกของนักเรียน (University of Florida 2014) เนื่องจาก นักเรียนได้มีโอกาสในการวางแผน ได้ลงมือปฏิบัติ สร้างสรรค์ ประดิษฐ์ชิ้นงาน รวมถึงมีการจัดการเรียนรู้ผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และใช้สถานการณ์ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวัน ซึ่งในกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมนักเรียนมีโอกาสใน 1) การคิดอย่างสร้างสรรค์ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันระดมความคิดนำเสนอชิ้นงานที่สนใจกันภายในกลุ่ม โดยมีเป้าหมายที่จะต้องใช้งานได้จริง และเพิ่มมูลค่าให้กับกระดาษ 2) การทำงานอย่างสร้างสรรค์ นักเรียนแต่ละกลุ่มได้มีการวางแผนการทำงาน ลงมือออกแบบและสร้างสรรค์ชิ้นงาน ผลิตชิ้นงาน ปรับปรุงและพัฒนาชิ้นงาน รวมถึงการนำเสนอชิ้นงาน 3) การสร้างสรรค์นวัตกรรม ชิ้นงานของนักเรียนแต่ละกลุ่มมีความคงทน แปลกใหม่ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง ทำให้นักเรียนได้ฝึกทักษะความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งจะทำให้ นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุกัญญา เพื่อหลูปโพธิ์, ธิติยา บงกชเพชร, and ชมพูนุช วรวงคณากุล (2560) ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน พบว่าการใช้สถานการณ์ที่ใกล้ตัวนักเรียน สื่อแหล่งเรียนรู้ที่เหมาะสมในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาผ่านกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ทำให้พัฒนาทักษะความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน และสอดคล้องกับงานวิจัยของ สมรัก อินทวิมลศรี (2560) ได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้ผลของแนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยา โดยนักเรียนได้ร่วมกันระดมความคิดในการหาสาเหตุของปัญหา การคาดคะเนผลกระทบ ผ่านการวิเคราะห์สถานการณ์ที่กำหนดให้ ออกแบบวิธีการ การสร้างสรรค์ชิ้นงานให้มีความหลากหลาย เพื่อเป็นทางเลือกในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาคิดสร้างสรรค์อยู่ในระดับดีขึ้นไป สอดคล้องกับงานวิจัยของ จารีพร ผลมูล (2558) ได้พัฒนาการจัดการเรียนรู้ด้วยหน่วยบูรณาการแบบ STEAM มุ่งส่งเสริมการพัฒนาสมองทั้งสองซีกให้เกิดความสมดุล และสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัฒมา อัสไวน์ตาเย๊ะ, ญัฐินี โมพันธุ์, and มัยดี แวดราแม (2017) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ และความ



พึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษาจะมุ่งเน้นให้นักเรียนที่มีพื้นฐานความรู้และความคิดที่แตกต่างกัน ได้มีโอกาสแลกเปลี่ยนเรียนรู้ กระตุ้นทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

**ประการที่สอง** การประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยแบ่งด้านประเมินออกเป็น 3 ด้าน ประกอบด้วย ด้านการคิดอย่างสร้างสรรค์ ด้านการทำงานอย่างสร้างสรรค์ และด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรม ซึ่งพบว่า การประเมินด้านการสร้างสรรค์นวัตกรรมให้มีความเป็นนวัตกรรมแบบแปลกใหม่ นักเรียนมีระดับความสามารถ อยู่ในระดับดี เนื่องจาก นักเรียนแต่ละกลุ่มสามารถออกแบบและสร้างชิ้นงานได้ แต่รูปแบบของชิ้นงานอาจจะยังไม่มีแปลกใหม่ เพียงเป็นการปรับเปลี่ยนลอกเลียนแบบชิ้นงานที่เคยมีมา แล้วปรับเปลี่ยนและพัฒนาให้เป็นชิ้นงานของตนเอง ดังนั้นทำให้นักเรียนยังไม่สามารถนำเสนอความแปลกใหม่ในด้านต่าง ๆ ของชิ้นงานได้ รวมถึงสร้างนวัตกรรมให้มีความแปลกใหม่ อาจต้องเริ่มจากการเลียนแบบ และเลือกจุดดี นำมาประยุกต์และพัฒนาเพื่อนำไปต่อยอดให้ชิ้นงานมีความแปลกใหม่มากขึ้น

2.3.2 ทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน หลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อยู่ในระดับดีมาก เมื่อได้รับการประเมินตามสภาพจริงด้วยแบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

**ประการแรก** การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้มีการออกแบบการจัดการเรียนรู้โดยการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม มีขั้นตอนการวางแผนการทำงานร่วมกัน นักเรียนมีการสื่อสารอย่างชัดเจนผ่านการนำเสนอชิ้นงาน อีกทั้งยังแสดงให้เห็นถึงบุคลิกภาพของนักเรียน เช่น ความมั่นใจในตนเองผ่านการนำเสนอชิ้นงานที่น่าสนใจ โดยการพูดเสียงดังฟังชัด มีการสบตาผู้ฟัง มีเนื้อหาในการนำเสนอที่กระชับและครบถ้วน และสามารถแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างครูและเพื่อนต่างกลุ่ม



**ประการที่สอง** การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้มีการออกแบบการจัดการเรียนรู้ผ่านการทำกิจกรรมร่วมกันเป็นกลุ่ม ส่งเสริมให้นักเรียนได้มีโอกาสในการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ร่วมกัน โดยนักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้ร่วมกันระดมความคิด นำเสนอชิ้นงานที่สนใจประดิษฐ์ มีโอกาสในการแสดงความคิดเห็นของตนเอง และรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนในกลุ่มอภิปรายเพื่อหาข้อสรุปในการเลือกประดิษฐ์ชิ้นงาน มีการวางแผนการทำงานร่วมกัน มีการสะท้อนทั้งข้อดี และข้อควรปรับปรุงของชิ้นงาน เพื่อพัฒนาให้ชิ้นงานดีขึ้น สามารถส่งชิ้นงานได้ตามเวลาที่กำหนด ซึ่งทำให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน เรียนรู้การทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มได้อย่างมีประสิทธิภาพ Land Michelle H (2013) ที่กล่าวว่าจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา ควรมีรูปแบบในการทำงานร่วมกัน มีการปฏิสัมพันธ์ระหว่างครูกับนักเรียน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Phonchaiya Sonthi and Thananuwong Raksapol (2016) ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้ LEGO model เป็นฐาน สำหรับการประดิษฐ์รูกู้ภัยผ่านการจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อแก้ไขวิกฤตการณ์น้ำท่วม เช่นเดียวกับ Kevin Hsieh (2017) ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน สำหรับการประดิษฐ์โคมไฟผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษา เพื่อสะท้อนให้เห็นถึงการบูรณาการความรู้ระหว่างเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และสิ่งแวดล้อม ผ่านมุมมองในด้านภูมิศาสตร์ ซึ่งทำให้นักเรียนมีการแสดงความคิดเห็น มีการร่วมกันวางแผน ออกแบบ และนำเสนอผลงาน ถือได้ว่าการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีประโยชน์ในการสร้างทักษะในศตวรรษที่ 21 ของนักเรียน เช่น การเรียนรู้ร่วมกัน การสร้างการเรียนรู้ระหว่างครูและนักเรียน ทำให้นักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการทำงานเป็นกลุ่มได้ (Hadinugrahaningsih Tritiyatma et al., 2017)

### ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาค้นคว้าและดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะซึ่งอาจเป็นประโยชน์ต่อการจัดการเรียนรู้และศึกษาวิจัยต่อไป ดังนี้

#### 1. ข้อเสนอแนะทั่วไป

ควรมีการพัฒนาและศึกษาผลการใช้ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา โดยการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ เช่น ทักษะการคิดเชิงวิพากษ์และการแก้ปัญหา ทักษะสารสนเทศ สื่อ และเทคโนโลยี เป็นต้น

#### 2. ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ด้านความคิดยืดหยุ่น ควรต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้น เพื่อให้นักเรียนได้ฝึกความคิดยืดหยุ่นมากขึ้น



## บรรณานุกรม

- Brown TL, LeMay HE, Bursten BE, & Murphy CJ. (2009). Chemistry: The central science (AP edition, 11E): New Jersey: Prentice Hall.
- Ceylan Sevil, & Ozdilek Zehra. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 177, 223-228. doi:<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.02.395>
- Chittleborough Gail. (2014). The development of theoretical frameworks for understanding the learning of chemistry *Learning with Understanding in the chemistry classroom* (pp. 25-40): Springer.
- Chonkaew Patcharee, Sukhummek Boonnak, & Faikhamta Chatree. (2016). Development of analytical thinking ability and attitudes towards science learning of grade-11 students through science technology engineering and mathematics (STEM education) in the study of stoichiometry. *Chemistry Education Research and Practice*, 17(4), 842-861. doi:10.1039/C6RP00074F
- Cross Jennifer L, Hamner Emily, Bartley Chris, & Nourbakhsh Illah. (2015). *Arts & Bots: application and outcomes of a secondary school robotics program*. Paper presented at the 2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE).
- Dugger William E. (2010). *Evolution of STEM in the United States*. Paper presented at the the 6th Biennial International Conference on Technology Education Research'nda sunulmuş bildiri, Gold Coast, Queensland, Australia.
- Force US STEM Task. (2014). Innovate: A blueprint for science, technology, engineering, and mathematics in California public education. *Dublin, CA: Californians Dedicated to Education Foundation*.
- Hadinugrahaningsih Tritiyatma, Rahmawati Yuli, & Ridwan Achmad. (2017). *Developing 21st century skills in chemistry classrooms: Opportunities and challenges of STEAM integration*. Paper presented at the AIP Conference Proceedings.
- Hiong Lee, & Osman Kamisah. (2015). An Interdisciplinary Approach for Biology, Technology, Engineering and Mathematics (BTEM) to Enhance 21st Century Skills

- in Malaysia. *K-12 STEM Education*, 1(3), 137-147.
- Kakisako Mami, Nishikawa Kazuyuki, Nakano Masayoshi, Harada Kana S., Tatsuoka Tomoyuki, & Koga Nobuyoshi. (2016). Stepwise Inquiry into Hard Water in a High School Chemistry Laboratory. *Journal of Chemical Education*, 93(11), 1923-1928. doi:10.1021/acs.jchemed.6b00217
- Kevin Hsieh. (2017). The Collaborative Teaching and Learning: A STEAM project for high school teachers and learners. 28-37.
- Kiste Alan L., Hooper Rebecca G., Scott Gregory E., & Bush Seth D. (2016). Atomic Tiles: Manipulative Resources for Exploring Bonding and Molecular Structure. *Journal of Chemical Education*, 93(11), 1900-1903.
- Koocharoenpibal Numphon, Tama Lersak, & Phankong Anuchit. (2018). Learning Outcomes and Scientific Creative Thinking of 5th Grade Students through Science Activity Packages on Sound and Hearing.
- Kumpha Phatcharanat, Suwannoi Paisan, & Treagus, D. F. (2014). Thai Grade 10 Students Conceptual Understanding of Chemical Bonding. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 143, 657-662.
- Land Michelle H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts into STEM. *Procedia Computer Science*, 20, 547-552.
- Luxford Cynthia J., & Bretz Stacey Lowery. (2014). Development of the Bonding Representations Inventory To Identify Student Misconceptions about Covalent and Ionic Bonding Representations. *Journal of Chemical Education*, 91(3), 312-320. doi:10.1021/ed400700q
- Oner Ayse, Nite S., Capraro Robert, & Capraro Mary. (2016). *From STEM to STEAM: Students' Beliefs About the Use of Their Creativity* (Vol. 2).
- Partnership for 21st Century Skills. (2009). *Framework for 21st century learning: Author Washington, DC*.
- Phonchaiya Sonthi, & Thananuwong Raksapol. (2016). STEM Holiday Activity: Designing for Flood Crisis. *K-12 STEM Education*, 2(4), 107-116.
- Trilling Bernie, & Fadel Charles. (2009). *21st century skills: Learning for life in our times:*

John Wiley & Sons.

Turner Kristy L. (2016). A Cost-Effective Physical Modeling Exercise To Develop Students' Understanding of Covalent Bonding. *Journal of Chemical Education*, 93(6), 1073-1080.

World Economic Forum. (2016). *The future of jobs: Employment, skills and workforce strategy for the fourth industrial revolution*. Paper presented at the Global Challenge Insight Report, World Economic Forum, Geneva.

Yakman Georgette. (2008). *STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education*.

กนกทิพย์ ยาทองไชย. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนเพื่อส่งเสริมการคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญาณิพนธ์ (กศ.ม. (เคมี)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.

กนกวรรณ เหลืองทอง. (2549). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์. สารนิพนธ์ (กศ.ม. (การมัธยมศึกษา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2549.

เกริก ท่วมกลาง. (2555). การพัฒนาสื่อ/นวัตกรรมทางการศึกษาเพื่อเลื่อนวิทยฐานะ (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : สถาพรบุ๊คส์.

จารีพร ผลมูล. (2558). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 : กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอก จังหวัดชุมพร. ปรินญาณิพนธ์ (กศ.ม. วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558.

จินตนา คำสอนจิก. (2553). การพัฒนาชุดการสอนเรื่องสารเคมีในชีวิตประจำวันโดยใช้การ์ตูนอนิเมชันเพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. ปรินญาณิพนธ์ (กศ.ม. (เคมี)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2553.

จินตวีร์ โยสีดา. (2554). การพัฒนาชุดกิจกรรมสืบเสาะหาความรู้เรื่องไบโอดีเซลสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. สารนิพนธ์ (กศ.ม. (เคมี)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2554.

ฉัตรวรรณ ัญญวรรณระกร. (2558). การจัดกิจกรรม STEM สำหรับเด็กปฐมวัย = *STEM education* (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : เอ็ดดูเคชั่นแนลเทคโนโลยี เอ็ด-เทค.

ชม ภูมิภาค. (2528). เทคโนโลยีทางการสอนและการศึกษา = *Instructional and educational*

- technology*: กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ชวลิต ชูกำแหง. (2550). การประเมินการเรียนรู้: มหาสารคาม : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2013). การ ทดสอบ ประสิทธิภาพ สื่อ หรือ ชุด การ สอน. *Silpakorn Educational Research Journal*, 5(1), 7-20.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2530). หลักการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ = *Principles of effective communication* (พิมพ์ครั้งที่ 5.. ed.): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง = *Authentic learning* (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- ซาง เรย์มอนด์. (2560). เคมี 1 = *Chemistry 12/e*: กรุงเทพฯ : แมคกรอ-ฮิล  
ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- ชาญชัย อินทรสุนานนท์. (2538). ศูนย์การเรียนรู้และชุดการสอน: กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
- ชาญณรงค์ พรุ่งโรจน์. (2546). ความคิดสร้างสรรค์ = *Creative thinking*: กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- ไชยา พรมไล, ประนอม แซ่จิ่ง, & กานต์ตะวัน วุฒิสเสลา. (2015). การศึกษาความก้าวหน้าทางการเรียนและมโนคติ เรื่อง รูปร่าง และ สภาพข้อของโมเลกุลโคเวเลนต์ด้วยเทคโนโลยีออกเมนต์เรียลลิตี้. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และ สิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 6(1), 57-69.
- ณัชรฤต เกื้อทาน. (2554). แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ ปีที่ 17, ฉบับที่ 2 (มี.ค.-เม.ย. 2554)*, หน้า 299-314.
- บุญเกื้อ คอรวาเวช. (2545). นวัตกรรมการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5.. ed.): กรุงเทพฯ : ภาควิชาเทคโนโลยีทางการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปัญจพร แสนจันทร์. (2558). การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้วิชาเคมีที่เน้นความรู้คู่คุณธรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. *ปริญญาานิพนธ์ (กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้))* -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2558.
- พรทิพย์ ศิริภัก ราชัย . (2013). STEM Education and 21st Century Skills Development. *Executive Journal*, 33(2), 49-56.



- พรอณี ลีกิจวัฒน์. (2558). วิธีการวิจัยทางการศึกษา = *Research methods in education* (พิมพ์ครั้งที่ 10 ปรับปรุงแก้ไข.. ed.): กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.
- พัศยา สันสน, & กานต์ตะวัน วุฒิสเสลา. (2015). การพัฒนามโนมติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องรูปร่างโมเลกุลโคเวเลนต์ โดยกลวิธีจำลอง-สังเกต-สะท้อนกลับ-อธิบาย. วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- พาสนา จุลรัตน์. (2548). ความคิดสร้างสรรค์ = *Creativity* : เอกสารประกอบการสอนวิชา PG 606: กรุงเทพฯ : ภาควิชาการแนะแนวและจิตวิทยาการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2558). การจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 2 (ฉบับเพิ่มเนื้อหา).. ed.): กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ผู้จัดจำหน่าย.
- เพชรศรีรินทร์ ตุ่นคำ. (2559). การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง สารชีวโมเลกุล : โปรตีนและลิพิดเพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญา นิพนธ์ (กศ.ม. (เคมี)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.
- พัฒมา อัสไวน์ตาเย๊ะ, ณัฐินี โมพันธ์, & มัยดี แวดราแม. (2017). ผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ความคิดสร้างสรรค์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. *Princess of Naradhiwas University Journal of Humanities and Social Sciences*, 4(2), 1-14.
- เฟื่องลัดดา จิตจักร. (2015). ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ปฏิกริยาเคมีที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. รายงานการประชุมวิชาการและนำเสนอผลการวิจัยระดับชาติและนานาชาติติกลุ่มระดับชาติด้านการศึกษา, 3(6), 356-366.
- ภัตสร ติตมา, มลิวรรณ นาคนุท, & สิริรภา กิจเกื้อกุล. (2015). การจัดการเรียนรู้ตามแนวทาง STEM Education เรื่อง ระบบของร่างกายมนุษย์เพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. *Ratchaphruek Journal*, 13(3), 71-76.
- ยศวีร์ สายฟ้า. (2555). การเสริมสร้าง วิทย์ เทคโนโลยี ศิลปศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ด้วย STEAM Model.
- รักษพล ธนานวงศ์. (2556). เรียนรู้ สภาวะ โลก ร้อน ด้วย STEM Education แบบ บูรณาการ.
- วศินีส์ อิศรเสนา ณ อยุธยา. (2559). เรื่องน่ารู้เกี่ยวกับ *STEM Education* (สะเต็มศึกษา) (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- วิจารณ์ พานิช. (2555). วิธีสร้างการเรียนรู้เพื่อศิษย์ในศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : มูลนิธิสดศรี-สฤษดิ์วงศ์.
- วิจารณ์ พานิช. (2557). การสร้างการเรียนรู้สู่ศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 2, [ฉบับพิมพ์ซ้ำ]. ed.): กรุงเทพฯ : มูลนิธิสยามกัมมาจล.
- วิภาวี ทะนานทอง, & ปิยรัตน์ ดรบัณฑิต. (2561). การพัฒนาชุดกิจกรรม STEAM วิชาพื้นฐานเคมี เรื่อง ปฏิกิริยาเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. (การศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- วิโรจน์ สารรัตนะ. (2556). กระบวนทัศน์ใหม่ทางการศึกษา : กรณีที่สะท้อนต่อการศึกษาศตวรรษที่ 21: กรุงเทพฯ : ทิพย์วิสุทธิ.
- ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2558). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคม แห่งศตวรรษที่ 21 (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): สมุทรปราการ : เนว่าเอ็ดดูเคชั่น.
- ศิริลักษณ์ วิทยา. (2555). การพัฒนาชุดกิจกรรมเคมีเรื่องปิโตรเลียมและพลังงานทดแทนโดยใช้ปัญหาเป็นฐาน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญาณิพนธ์ (กศ.ม. (เคมี)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2555.
- ศูนย์ส่งเสริมศึกษาแห่งชาติ. (2557). ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับส่งเสริมศึกษา. คู่มือหลักสูตรอบรมครูส่งเสริมศึกษา.
- สนธิ พลชัยยา. (2557). ส่งเสริมศึกษากับการคิดขั้นสูง. 42(189), 7-10.
- สมรัก อินทวิมลศรี. (2560). ผลของการใช้แนวคิดส่งเสริมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. (ครุศาสตรมหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สมศักดิ์ ภูวิภาดาพรรณ. (2544). การยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางและการประเมินตามสภาพจริง (พิมพ์ครั้งที่ 4.. ed.): กรุงเทพฯ : ดวงกลมสมัยจัดจำหน่าย.
- สาธิตา ไสพิมพ์พา, เพลินพิศ ทองกวอด, & กติญา บุญสวน. (2561). การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยใช้ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดส่งเสริมศึกษา เรื่อง วงจรไฟฟ้า ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ "ครุศาสตร์ศึกษา ครั้งที่ 1", 912-924.
- สำนักงาน ก.พ. (2016). การสร้างทีมงานที่มีประสิทธิภาพ. Retrieved from <https://www.ocsc.go.th/sites/default/files/document/ocsc-2017-eb01.pdf>
- สิทธิศักดิ์ พสุมาตร. (2559). การใช้การเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐานร่วมกับกิจกรรมการเรียนรู้แบบ

ทำนาย-สังเกต-อธิบาย เพื่อแก้ไขแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่องพันธะโคเวเลนต์.

สุกัญญา เชื้อหุบลุโพธิ์, ธิติยา บงกชเพชร, & ชมพูนุช วรวงศนากุล. (2560). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาที่เน้นกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม เรื่อง การเคลื่อนที่แบบหมุน. รายงานสืบเนื่องการประชุมสัมมนาวิชาการ การนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติ เครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือ ครั้งที่ 17, 139-152.

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์. (2552). พัฒนาทักษะการคิด--พิชิตการสอบ (พิมพ์ครั้งที่ 4, (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2). ed.): กรุงเทพฯ : จัดจำหน่าย ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุคนธ์ สิ้นธพานนท์. (2553). นวัตกรรมการเรียนการสอน เพื่อพัฒนาคุณภาพของเยาวชน (พิมพ์ครั้งที่ 4, ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2.. ed.): กรุงเทพฯ : ศูนย์หนังสือจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, ผู้จัดจำหน่าย.

สุชานาฏ สุวรรณพิบูลย์. (2559). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้แบบบูรณาการ เรื่อง บ้านพักเชิงนิเวศตามแนวทางสะเต็มศึกษา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. ปรินญาณิพนธ์ (กศ.ม. (วิทยาการทางการศึกษาและการจัดการเรียนรู้)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.

สุวินัย มงคลธารณ์. (2557). เรียนรู้สะเต็มผ่านงานวิจัย. 42(187), 39-42.

อรรวรรณ จันทรฟู. (2554). การศึกษาแนวคิดเรื่อง พันธะเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึม. วิทยานิพนธ์ (ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา))--มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2554.

อัจฉริรัตน์ ศิริ. (2558). การสำรวจมโนคติทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารโคเวเลนต์และไอออนิกโดยใช้เทคนิคแบ่งกลุ่มผลสัมฤทธิ์ร่วมกับบัตรแสดงพันธะเคมี. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้ ปีที่ 6, ฉบับที่ 2 (ก.ค.-ธ.ค. 2558), หน้า 198-208.

อาทิตย์ ฉิมกุล, สกลรัช ด้แก้วดี, & นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต. (2017). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย. *Online Journal of Education*, 12(1), 324-342.

อาทิตยา พูนเรือง. (2559). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เรื่อง เอนไซม์ โดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา. ปรินญาณิพนธ์

นิพนธ์ (กศ.ม. (ชีววิทยา)) -- มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2559.  
อารี พันธุ์มณี. (2557). ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์ (พิมพ์ครั้งที่ 1.. ed.): กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.





ภาคผนวก ก

1. ใบรับรองจริยธรรมการวิจัยของข้อเสนอการวิจัย
2. รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย







หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง  
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนาชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะ  
ในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย  
ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวณอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร  
หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์  
รหัสโครงการวิจัย : 172/61X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 17 กรกฎาคม 2561

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์  
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ดำเนินการ  
รับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of Helsinki, the  
Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in Good Clinical  
Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 20 กรกฎาคม 2561

ลงชื่อ).....

(นายปิยชาติ บุญเพ็ญ)

กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการคณะกรรมการจริยธรรม  
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัตรศรี เดชะปัญญา)

รองประธานคณะกรรมการฯ รักษาการแทน  
ประธานคณะกรรมการจริยธรรม  
สำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์

หมายเลขรับรอง : SWUEC/X-172/2561

## รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

### ด้านเนื้อหา

ผศ.ดร.แพน ทองเรือง

อาจารย์ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### ด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา

ผศ.ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ

อาจารย์ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

### ด้านการสอนวิชาเคมีระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

อาจารย์วรพงศ์ อินทะจักร

ครู คศ.1 โรงเรียนหอวัง





ตาราง 10 แสดงค่าความเหมาะสมองค์ประกอบของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3				
1. ชุดกิจกรรมมีการบูรณาการตามรูปแบบสะเต็มศึกษาครบทุกสาขาวิชา	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
2. ชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตจริง	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
3. ชุดกิจกรรมเหมาะสมต่อการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21	4	4	4	12	4.00	0.00	มาก
4. ความถูกต้องของเนื้อหา	5	3	5	13	4.33	1.15	มาก
5. ความครอบคลุมของเนื้อหา	4	3	3	10	3.33	0.58	ปานกลาง
6. จุดประสงค์ของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความชัดเจนและเป็นไปได้	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
7. เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษาครอบคลุมความรู้ที่ผู้เรียนควรได้รับ	4	4	3	11	3.67	0.58	มาก
8. กิจกรรมการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนที่เหมาะสม	4	4	4	12	4.00	0.58	มาก
9. เนื้อหาของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีการเรียงลำดับที่เหมาะสม	5	4	4	13	4.33	0.58	มาก
10. ระยะเวลาในการจัดการเรียนรู้ตามชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีความเหมาะสม	4	3	4	11	3.67	0.58	มาก
11. รูปแบบของชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษามีความเหมาะสม	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก

ตาราง 10 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	$\bar{x}$	S.D.	ระดับ ความ เหมาะสม
	1	2	3				
12. ความถูกต้องของภาษา	5	3	5	13	4.33	1.15	มาก
13. การใช้สีสัน ขนาดตัวอักษร และ ภาพเหมาะสม	5	4	5	14	4.67	0.58	มากที่สุด
14. ความเหมาะสมขององค์ประกอบ ชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา	4	4	5	13	4.33	0.58	มาก
15. การประเมินผลของชุดกิจกรรมสะ เต็มศึกษาครอบคลุมสิ่งที่ต้องการ ประเมิน	4	3	4	11	3.67	0.58	มาก
ความเหมาะสมขององค์ประกอบ ชุดกิจกรรมเฉลี่ย				4.13		0.58	มาก

ตาราง 11 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
<b>1. ด้านจุดประสงค์ของกิจกรรม</b>						
1.1 จุดประสงค์สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.2 จุดประสงค์สอดคล้องกับตัวชี้วัด	1	1	0	2	0.67	ใช้ได้
1.3 จุดประสงค์มีความสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
1.4 จุดประสงค์สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
<b>2. ด้านเนื้อหา</b>						
2.1 เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์ของกิจกรรมสะเต็มศึกษา	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
2.2 เนื้อหาถูกต้องและครบถ้วน	1	0	0	1	0.33	ปรับปรุง
2.3 มีการจัดลำดับเนื้อหาที่เหมาะสม	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
2.4 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่กำหนด	0	0	1	1	0.33	ปรับปรุง
2.5 เนื้อหาเหมาะสมกับระดับชั้นของนักเรียน	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
<b>3. ด้านการใช้ภาษา</b>						
3.1 การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
3.2 ความถูกต้องในการใช้ภาษา	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
3.3 การใช้ภาษาน่าสนใจ กระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้	0	0	1	1	0.33	ปรับปรุง
3.4 ภาษาที่ใช้เหมาะสมกับวัยผู้เรียน	0	0	1	1	0.33	ปรับปรุง



ตาราง 11 (ต่อ)

รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ			รวม	IOC	การพิจารณา
	1	2	3			
<b>4. ด้านกิจกรรมการเรียนรู้</b>						
4.1 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับเนื้อหา	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.2 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับการประเมินผล	1	1	1	3	1.00	ใช้ได้
4.3 กิจกรรมการเรียนรู้สอดคล้องกับทักษะในศตวรรษที่ 21	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
4.4 การจัดลำดับของกิจกรรมสะเต็มศึกษา มีความเหมาะสม	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
<b>5. ด้านการประเมินผล</b>						
5.1 การประเมินผลสอดคล้องกับจุดประสงค์	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
5.2 ความยากง่ายเหมาะสมกับระดับของผู้เรียน	1	0	1	2	0.67	ใช้ได้
5.3 จำนวนข้อคำถามเหมาะสม	0	0	0	0	0.00	ปรับปรุง
5.4 คำถามเข้าใจง่าย ไม่กำกวม	1	0	0	1	0.33	ปรับปรุง

ตาราง 12 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น ( $r_{tt}$ ) ของแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม

สถานการณ์	ข้อ/ด้าน	p	r	การพิจารณา	สถานการณ์ ที่เลือก
1	ความคิดคล่อง	0.55	0.23	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ปานกลาง	✓
	ความคิดยืดหยุ่น	0.43	0.27	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ปานกลาง	
	ความคิดริเริ่ม	0.60	0.40	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ดีมาก	
	ความคิดละเอียดลออ	0.42	0.23	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ปานกลาง	
2	ความคิดคล่อง	0.43	0.20	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ปานกลาง	✓
	ความคิดยืดหยุ่น	0.30	0.40	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดีมาก	
	ความคิดริเริ่ม	0.47	0.27	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ปานกลาง	
	ความคิดละเอียดลออ	0.38	0.30	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ดี	
3	ความคิดคล่อง	0.28	0.15	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ต่ำ	
	ความคิดยืดหยุ่น	0.45	0.10	ยากพอเหมาะ จำแนกได้ต่ำ	
	ความคิดริเริ่ม	0.40	-0.20	ยากพอเหมาะ จำแนกไม่ได้	
	ความคิดละเอียดลออ	0.38	0.35	ค่อนข้างยาก จำแนกได้ต่ำ	

หมายเหตุ

ข้อสอบที่ผ่านการคัดเลือกมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.30-0.60 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.40 ซึ่งการคัดเลือกข้อสอบนั้นนอกจากพิจารณาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกที่เป็นไปตามเกณฑ์ ผู้วิจัยยังคำนึงถึงจุดประสงค์การเรียนรู้ด้วย โดยข้อสอบที่เลือกไว้มี 2 สถานการณ์ มีค่าความเชื่อมั่นของแบบวัดทั้งหมด  $(r_p)$  โดยคำนวณจากสูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนแบค เท่ากับ 0.52



ตาราง 13 แสดงค่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

นักเรียนคนที่	คะแนนจากการทำใบกิจกรรมในชุดกิจกรรม (24 คะแนน)	คะแนนจากแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรมในศตวรรษที่ 21 ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (32 คะแนน)
1	14	23
2	16	23
3	17	21
4	19	25
5	15	20
6	18	21
7	15	23
8	20	27
9	23	20
10	20	24
11	19	23
12	14	23
13	16	23
14	21	24
15	16	24
16	18	19
17	22	26
18	21	18
19	16	20
20	19	24

ตาราง 13 (ต่อ)

รวม	359	451
x-bar	17.95	22.55
S.D.	2.68	2.35
ร้อยละ	74.79	70.47
	$E_1 = 74.79$	$E_2 = 70.47$
	$E_1/E_2 = 74.79/70.47$	





ภาคผนวก ค  
ผลการเปรียบเทียบความเท่าเทียมกันของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม



ตาราง 14 ผลการเปรียบเทียบผลคะแนนเฉลี่ยจากแบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้ และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนการจัดการเรียนรู้ด้วยชุดกิจกรรมตาม แนวสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย ระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มของนักเรียน	n	คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	t	p
กลุ่มทดลอง	35	32	12.46	3.30	1.20	.236
กลุ่มควบคุม	26	32	11.46	3.14		

\*ระดับนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

#### หมายเหตุ

ผู้วิจัยได้ทำการวัดความเท่าเทียมกันของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จากแบบ วัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ก่อนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นเปรียบเทียบคะแนนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้ วิธีการทางสถิติแบบ t-test for independent samples พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 12.46 และ 3.30 ตามลำดับ และนักเรียนกลุ่มควบคุมมี คะแนนเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 11.46 และ 3.14 ตามลำดับ เมื่อใช้สถิติทดสอบ t-test มีค่าเท่ากับ 1.20 เลขนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .236 ซึ่งมีค่ามากกว่า .05 แสดงว่า ก่อนการ จัดการเรียนรู้ นักเรียนกลุ่มทดลองและนักเรียนกลุ่มควบคุม มีระดับทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้าน การเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ทางสถิติที่ระดับ .05



ภาคผนวก ง  
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

# ชุดกิจกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา วิชา เคมี เรื่อง พันธะเคมี

## STEAM EDUCATION

SCIENCE | TECHNOLOGY | ENGINEERING | ARTS | MATHEMATICS



ชื่อ - สกุล \_\_\_\_\_  
 ชั้น \_\_\_\_\_ เลขที่ \_\_\_\_\_ กลุ่มที่ \_\_\_\_\_  
 โรงเรียน \_\_\_\_\_



จัดทำโดย

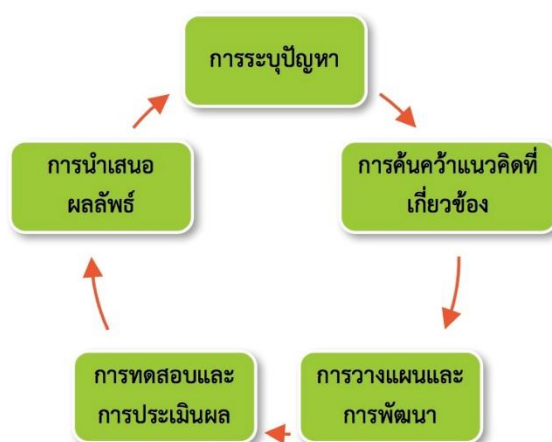
นางสาวอนอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร  
 นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาเคมี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ



## คำชี้แจง

การใช้ชุดกิจกรรมตามแนว STEAM EDUCATION เรื่อง พันธะเคมี รายวิชา เคมีเพิ่มเติม 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีข้อควรปฏิบัติและทำความเข้าใจ ดังนี้

1. กิจกรรมเรื่อง พันธะเคมี เป็นการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ในรูปแบบของ STEAM Education เรื่อง พันธะเคมี รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 1 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย
2. กิจกรรมเรื่อง พันธะเคมี ใช้เวลาในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ 9 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที
3. การจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดกิจกรรมตามแนว STEAM Education เรื่อง พันธะเคมี นักเรียนควรทำการศึกษาจุดประสงค์การเรียนรู้ ขอบเขตของเนื้อหา ระยะเวลาที่ใช้ และขั้นตอนการทำกิจกรรม เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินกิจกรรม
4. ขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ หากนักเรียนมีปัญหา หรือข้อสงสัย นักเรียนสามารถซักถาม/สอบถามครูผู้สอนได้
5. จัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา ดังนี้



ที่มา : คู่มือสะเต็มศึกษา (สสวท.)

6. การวัดและประเมินผล ประเมินจากแบบประเมินทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม และด้านการสื่อสารและร่วมมือทำงาน รวมถึงแบบวัดทักษะการเรียนรู้และนวัตกรรม ด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม จากการตอบคำถามของนักเรียน



## จุดประสงค์การเรียนรู้

### ด้านความรู้ (Knowledge : K)

1. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะได้
2. อธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
3. ระบุและยกตัวอย่างสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
4. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ได้

### ด้านทักษะกระบวนการ (Process : P)

1. ทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประกอบด้วย
  - 1.1 คิดอย่างสร้างสรรค์ (Think creativity)
  - 1.2 ทำงานอย่างสร้างสรรค์ (Work creativity and others)
  - 1.3 สร้างสรรค์นวัตกรรม (Implement innovations)
2. ทักษะด้านการสื่อสารและความร่วมมือทำงาน ประกอบด้วย
  - 2.1 สื่อสารอย่างชัดเจน (Communicate clearly)
  - 2.2 การร่วมมือกับผู้อื่น (Collaborate with others)
3. ออกแบบและสร้างชิ้นงานจากกระดาษเหลือใช้ได้

### ด้านคุณลักษณะ (Attitude : A)

1. การมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียน
2. มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม
3. นักเรียนตรงเวลา





## จุดประสงค์การเรียนรู้

### ด้านความรู้ (Knowledge : K)

1. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะได้
2. อธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
3. ระบุและยกตัวอย่างสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
4. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ได้

### ด้านทักษะกระบวนการ (Process : P)

1. ทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประกอบด้วย
  - 1.1 คิดอย่างสร้างสรรค์ (Think creativity)
  - 1.2 ทำงานอย่างสร้างสรรค์ (Work creativity and others)
  - 1.3 สร้างสรรค์นวัตกรรม (Implement innovations)
2. ทักษะด้านการสื่อสารและความร่วมมือทำงาน ประกอบด้วย
  - 2.1 สื่อสารอย่างชัดเจน (Communicate clearly)
  - 2.2 การร่วมมือกับผู้อื่น (Collaborate with others)
3. ออกแบบและสร้างชิ้นงานจากกระดาษเหลือใช้ได้

### ด้านคุณลักษณะ (Attitude : A)

1. การมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียน
2. มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม
3. นักเรียนตรงเวลา







### ขยะล้นเมือง

จากการขยายชุมชน และการเพิ่มขึ้นของประชากร ส่งผลให้เกิดปัญหาขยะล้นเมืองซึ่งถือได้ว่าเป็นปัญหาที่สำคัญลำดับแรกๆ ของประเทศ และเป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม ได้แก่ อากาศเสีย น้ำเสีย เป็นแหล่งพาทะนำโรค มีการสูญเสียงบประมาณในการกำจัดเป็นจำนวนมาก เนื่องจากประชาชนยังขาดความรู้ความเข้าใจในการแยกขยะก่อนทิ้ง ซึ่งทำให้การกำจัดขยะเป็นไปได้ยากและเชื่องช้า ดังนั้นปัญหาดังกล่าวนี้เป็นสิ่งที่ทุกคนไม่ควรละเลยต้องร่วมมือกันแก้ไข



ที่มา : <http://infotrash.deqp.go.th/infolink?p=39>



ที่มา : <https://www.sanook.com/news/5984278/gallery/1340850/>

หนึ่งในแนวทางที่ช่วยกันแก้ปัญหาในระดับเริ่มแรกได้คือ การแยกขยะก่อนทิ้ง ซึ่งในปัจจุบันมีหน่วยงานและองค์กรต่างๆ ให้ความสำคัญต่อปัญหาขยะล้นเมือง ได้เริ่มประชาสัมพันธ์ให้ความรู้เกี่ยวกับการแยกขยะ โดยกำหนดสีของถังขยะสำหรับการระบุประเภทของขยะ เพื่อให้เข้าใจได้ง่าย โดยจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้





## ขยะล้นเมือง

การแยกขยะก่อนทิ้ง จะทำให้สามารถจัดการขยะแต่ละประเภทได้ง่ายขึ้น ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้มากที่สุด และก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมาก เช่น การนำขยะประเภทรีไซเคิลกลับมาใช้ใหม่ได้ ลดมลพิษและภัยอันตรายที่เกิดจากขยะที่เป็นพิษ

หากหลายคนยังเกิดความสงสัยว่า แยกขยะไปเพื่ออะไร เพราะผลสุดท้าย พนักงานเก็บขยะก็ทำการเทขยะรวมกันในรถขยะอยู่ดี??



ซึ่งในความเป็นจริง ส่วนท้ายของรถขยะจะมีการแบ่งสัดส่วนสำหรับการแยกของประเภทขยะไว้ อย่างชัดเจน เมื่อพนักงานทำการเทขยะลงไปแล้ว ก็จะทำการแยกขยะแต่ละประเภทในส่วนท้ายของรถขยะทันที ซึ่งหากแต่ละบ้านเรือนได้ทำการแยกขยะแต่ละประเภทไว้อย่างชัดเจนแล้ว พนักงานก็ไม่ต้องทำการแยกขยะซ้ำอีกครั้ง การแยกขยะก่อนทิ้งส่งผลทำให้การกำจัดขยะเป็นไปง่ายขึ้น เนื่องจากขยะแต่ละประเภท มีขั้นตอนในการกำจัดที่แตกต่างกัน

NOTE



### ขยะล้นเมือง

ให้นักเรียนช่วยกันระดมความคิด ในการจัดประเภทของขยะต่างๆ ที่พบภายในโรงเรียนหลังจากการจัดกิจกรรมในโรงเรียนของเราว่านักเรียนพบขยะประเภทใดบ้าง



#### 1. ขยะรีไซเคิล

Handwriting practice area for '1. ขยะรีไซเคิล' with ten horizontal dotted lines.

#### 2. ขยะที่ย่อยสลายได้

Handwriting practice area for '2. ขยะที่ย่อยสลายได้' with ten horizontal dotted lines.

#### 3. ขยะทั่วไป

Handwriting practice area for '3. ขยะทั่วไป' with ten horizontal dotted lines.

#### 4. ขยะอันตราย



Handwriting practice area for '4. ขยะอันตราย' with ten horizontal dotted lines.





## ขยะล้นเมือง

### แนวทางการจัดการขยะ

#### 1. การเทกองกลางแจ้ง

การนำขยะไปกองทิ้งไว้ในที่ดินกว้างๆ ปล่อยให้ย่อยสลายไปตามธรรมชาติ เป็นการกำจัดขยะที่ง่าย และลงทุนน้อย แต่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในเกิดการแพร่กระจายเชื้อโรค ก่อให้เกิดปัญหามลพิษต่างๆ



#### 2. การทิ้งตามลุ่มน้ำขัง แม่น้ำ หรือทะเล

การนำขยะทิ้งตามลุ่มน้ำขัง แม่น้ำ หรือทะเล ส่งผลต่อการทำลายระบบนิเวศ และผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในบริเวณนั้น น้ำที่ชะจากกองขยะมีความเป็นกรดสูง หรือมีสารพิษ จะแพร่กระจายเป็นพื้นที่กว้าง ซึ่งยากต่อการควบคุม

#### 3. การกำจัดขยะโดยการหมักทำปุ๋ย

ทำการแยกขยะที่ไม่สามารถย่อยสลายได้ตามธรรมชาติออก จากนั้นนำขยะที่ย่อยสลายตามธรรมชาติไปหมักที่มีอากาศถ่ายเท เพื่อให้เกิดการย่อยสลาย เป็นการปรับปรุงคุณภาพดินได้ แต่วิธีการนี้มักทำให้เกิดแก๊สที่มีกลิ่นเหม็น เช่น แก๊สไฮโดรเจน (H<sub>2</sub>) แต่ได้แก๊สที่สามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ เช่น แก๊สมีเทน (CH<sub>4</sub>)

#### 4. การกำจัดขยะโดยใช้เตาเผาขยะ

เนื่องจากปริมาณขยะในแต่ละวัน แต่ละพื้นที่มากกว่า 250 ตัน ดังนั้นจึงต้องใช้เตาเผาขนาดใหญ่ เป็นการเผาไหม้ขยะส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ต้องใช้ความร้อนสูง จึงจะทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ มีระบบกำจัดมลพิษ มีการรักษาอุณหภูมิของการเผา เป็นวิธีการที่สามารถกำจัดขยะได้อย่างรวดเร็ว แต่มีค่าใช้จ่ายสูง และยังไม่เป็นที่ยอมรับของประชาชน การเผาไหม้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตราย เช่น มลพิษทางอากาศ ได้แก่ ฝุ่นละออง และแก๊สพิษต่างๆ เช่น SO<sub>2</sub>

#### 5. การกำจัดขยะโดยใช้การฝังกลบ

การฝังกลบต้องใช้พื้นที่ที่ดินขนาดใหญ่ที่สามารถรองรับขยะที่ต้องสะสมเป็นจำนวนมากได้ในระยะเวลานาน ผลกระทบจากการฝังกลบ ได้แก่ กลิ่น น้ำชะขยะที่ปนเปื้อนไหลลงสู่แม่น้ำทำให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม





## ขยะล้นเมือง

จากข้างต้น เป็นแนวทางการจัดการขยะที่ปลายทาง จนกลายเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อม ดังนั้นแนวทางในการจัดการขยะอย่างถูกวิธี ควรเริ่มต้นโดยใช้หลักการ 3Rs เป็นการลดปริมาณขยะ ช่วยรักษาสิ่งแวดล้อม ลดมลพิษที่เกิดจากการเผา หรือการฝังดิน และทำให้สามารถใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่าที่สุด พร้อมทั้งนำมาปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้

## หลักการ 3Rs



### R : REDUCE (ใช้น้อย)

การลด ละ เลิก ใช้สิ่งของเครื่องใช้ที่ไม่จำเป็น พุ่มเฟิวย หรือใช้จำนวนให้น้อยลง หรือลดการสร้างขยะ ลดการบริโภคทรัพยากรที่ไม่จำเป็นลง โดยเฉพาะ การลดการบริโภคทรัพยากรที่ใช้แล้วหมดไป เช่น น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ ถ่านหิน และแร่ธาตุต่างๆ โดยการเลือกใช้เท่าที่จำเป็น



### R : REUSE (ใช้ซ้ำ)

การยืดอายุการใช้งาน หรือใช้ประโยชน์ให้มากขึ้น โดยการนำสิ่งของเครื่องใช้มาใช้ซ้ำ จนกว่าจะหมดสภาพโดยไม่ผ่านกระบวนการแปรสภาพใดๆ ใช้ทรัพยากรให้คุ้มค่าที่สุด ซึ่งบางอย่างอาจใช้ซ้ำได้หลายๆ ครั้ง เช่น การนำกระดาษที่ใช้แล้ว 1 หน้า มาใช้ในหน้าที่เหลือ หรือ อาจนำมาทำเป็นกระดาษโน้ต จะช่วยลดปริมาณการตัดต้นไม้ได้เป็นจำนวนมาก



### R : RECYCLE (นำกลับมาใช้ใหม่)

การนำหรือเลือกใช้ทรัพยากรที่สามารถกลับมารีไซเคิล หรือนำกลับมาใช้ใหม่ โดยผ่านกระบวนการแปรสภาพ ซึ่งทรัพยากรเหล่านี้สามารถนำมารีไซเคิลได้ เช่น เศษกระดาษ ซึ่งสามารถนำกลับไปรีไซเคิลทำเป็นกล่องหรือถุงกระดาษ และท่วงจากกระป๋องเครื่องดื่ม สามารถนำกลับมารีไซเคิลเป็นขาเทียมได้

Note..





### ตัวอย่าง การรณรงค์ลดโลกร้อน แก้ปัญหาขยะและวัสดุเหลือใช้ นำมารีไซเคิล



กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ดำเนินโครงการ “การบริการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประเภทโรงแรม (Green Hotel)” เพื่อส่งเสริมศักยภาพโรงแรมให้มีการใช้ทรัพยากรพลังงานอย่างคุ้มค่าและมีประสิทธิภาพ มีการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ดี และยกระดับมาตรฐานการบริการให้เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากขึ้น

#### โรงแรม...ลดโลกร้อน

ที่!! โรงแรมทรู กลางเมืองจันทบุรี ชูนโยบายรณรงค์ลดโลกร้อนแก้ปัญหาขยะ และวัสดุเหลือใช้ นำมารีไซเคิล โชว์เป็นแบบอย่างกับลูกค้า สร้างความประทับใจ และจุดขายการท่องเที่ยวช่วงเทศกาลสำคัญ



โรงแรมชื่อดังในจังหวัดจันทบุรี ให้พนักงาน เจ้าหน้าที่ของโรงแรม ร่วมกันนำขยะ กระจกพลาสติก กระดาษ ขวดน้ำ หลอดกาแฟ และเศษวัสดุเหลือใช้ มาประดิษฐ์เป็นวัสดุสวยงาม เพื่อนำไปตกแต่งสถานที่ภายในโรงแรม หลังจากทีโรงแรม ได้เข้าร่วมโครงการโรงแรมสีเขียว เป็นมิตรสิ่งแวดล้อม ของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จนได้รับรางวัลโรงแรมสีเขียว ระดับดีเยี่ยม (Green Hotel Gold) เป็นตัวอย่างของการรณรงค์ให้พนักงาน และผู้ใช้บริการ เห็นความสำคัญของการแก้ปัญหาขยะแบบมีส่วนร่วม สร้างจิตสำนึกในการลดปริมาณขยะ แก้ปัญหาโลกร้อน โดยมีพนักงานของโรงแรมทั้ง 9 แผนก ผนึกกำลังร่วมมือกันเพื่อลดปริมาณขยะตกค้างออกจากระบบก่อนกำจัด ซึ่งถือเป็นนโยบายด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญอีกด้านของโรงแรม





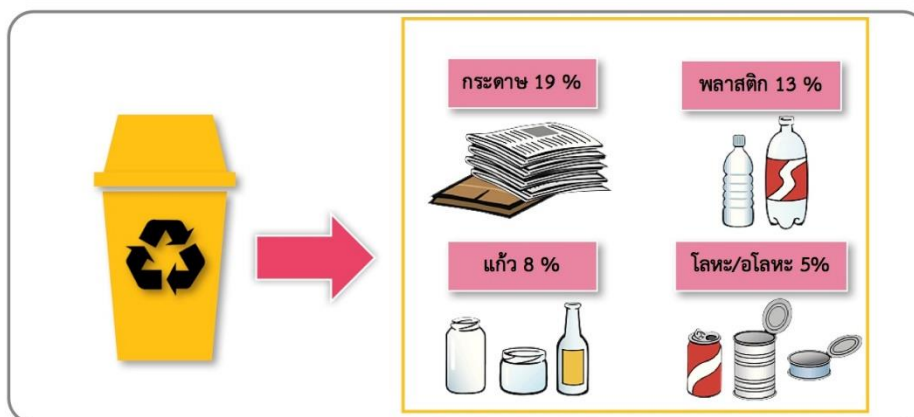


### ขยะล้นเมือง

ปัจจุบันขยะที่เกิดขึ้น ร้อยละ 42 ของขยะทั้งหมดเป็นขยะประเภทรีไซเคิล แต่กลับมีการนำกลับมาใช้เพื่อให้เกิดประโยชน์เพียง 1 ใน 4 เท่านั้น ทั้งนี้ ขยะประเภทนี้ก่อให้เกิดประโยชน์อย่างมาก หากนำมาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์รีไซเคิล

หากจำแนกขยะรีไซเคิลนี้แล้ว จะพบว่า มีกระดาษมากที่สุดอยู่ที่ 19% พลาสติก 13% แก้ว 8% และโลหะ/อลูมิเนียม 5%

### ขยะประเภทรีไซเคิล (Recycle Waste)



**NOTE**

---



---



---



---



---



## กิจกรรมที่ 2 แนวทางการจัดการขยะ

จากแนวทางการจัดการขยะ (หลักการ 3R)

ให้นักเรียนในกลุ่มร่วมกันระดมความคิด โดยยกตัวอย่างของขยะประเภทรีไซเคิลโดยใช้แนวคิด 3Rs ซึ่งเป็นวิธีการจัดการขยะ

### 1 Reduce (การลดการใช้)

- กระดาษ.....  
.....
- พลาสติก.....  
.....
- แก้ว.....  
.....
- โลหะ.....  
.....

### 2 Reuse (การใช้ซ้ำ)

- กระดาษ.....  
.....
- พลาสติก.....  
.....
- แก้ว.....  
.....
- โลหะ.....  
.....

### 3 Recycle (การนำกลับมาใช้)

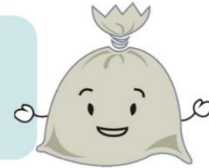
- กระดาษ.....  
.....
- พลาสติก.....  
.....
- แก้ว.....  
.....
- โลหะ.....  
.....



### ขั้นที่ 1 : ระบุปัญหา

#### กิจกรรมที่ 3 ขยะประเภทรีไซเคิล

หากโรงเรียนของนักเรียนมีขยะประเภทกระดาษ พลาสติก แก้ว และ โลหะ จำนวนมาก ที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ง่ายและปลอดภัย กลุ่มของ นักเรียนจะเลือกรีไซเคิลขยะประเภทใดเป็นลำดับแรก เพราะเหตุใด



.....

.....

.....

.....

.....

จากข้างต้น นักเรียนมีวิธีการเพิ่มมูลค่าของขยะรีไซเคิลที่นักเรียนเลือกอย่างไรบ้าง (ตอบเป็นข้อ)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....





#### กิจกรรมที่ 4 กระดาษเหลือใช้



ในปัจจุบัน พบว่ามีการบริโภคกระดาษเป็นส่วนประกอบเป็นจำนวนมาก  
ให้นักเรียนเขียนของใช้ในชีวิตประจำวันที่มีกระดาษเป็นส่วนประกอบให้มากที่สุด

คำชี้แจง : ให้นักเรียนเขียนของใช้ในชีวิตประจำวันที่มีกระดาษเป็นส่วนประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

## แผนการจัดการเรียนรู้

### ตามแนวสะเต็มศึกษา (STEAM Education)

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์

รายวิชา เคมีเพิ่มเติม รหัสวิชา ว30221

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง พันธะเคมี

เรื่อง พันธะโคเวเลนต์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2561

จำนวน 3 คาบ เวลา 150 นาที

#### 1. มาตรฐานการเรียนรู้

##### สาระที่ 3 : สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

##### สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

#### 2. สาระสำคัญ

##### การแยกขยะ (Separated Waste)

1. ถังขยะสีเหลือง ขยะประเภทรีไซเคิล (Recyclable Waste) คือ ขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ใหม่ สามารถนำไปขายได้ ได้แก่ กระดาษ แก้ว พลาสติก โลหะและอโลหะ (เศษโลหะ อลูมิเนียม ยางรถยนต์)

2. ถังขยะสีเขียว ขยะที่ย่อยสลายได้ (Compostable Waste) คือ ขยะที่เน่าเสียและย่อยสลายได้เร็ว เช่น เศษผัก เศษอาหาร เปลือกผลไม้ เศษเนื้อสัตว์ วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตร สามารถนำไปหมักทำปุ๋ยได้

3. ถังขยะสีน้ำเงิน ขยะทั่วไป (General Waste) คือ ขยะที่ย่อยสลายได้ยากตามธรรมชาติ และไม่คุ้มค่าสำหรับการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ เช่น ถุงพลาสติก ถุงขนม เปลือกลูกอม ซองบะหมี่กึ่งสำเร็จรูป โฟมเบื้อนอาหาร



4. ถังขยะสีแดง ขยะอันตราย (Hazardous Waste) คือขยะที่ปนเปื้อนวัตถุอันตราย เป็นขยะพิษที่ต้องเก็บรวบรวมแล้วนำไปกำจัดอย่างถูกวิธี เช่น โทรศัพท์มือถือ ภาชนะบรรจุสารกำจัดศัตรูพืช กระป๋องสี ถ่านไฟฉาย หลอดไฟ แบตเตอรี่ ยาฆ่าแมลง

#### แนวทางการจัดการขยะ

1. การเทกองกลางแจ้ง การนำขยะไปกองทิ้งไว้ในที่ดินกว้างๆ ปล่อยให้ย่อยสลายตามธรรมชาติ
2. การทิ้งตามลุ่มน้ำขัง แม่น้ำ หรือทะเล การนำขยะทิ้งตามลุ่มน้ำขัง แม่น้ำ หรือทะเล
3. การกำจัดขยะโดยการหมักทำปุ๋ย นำขยะที่ย่อยสลายตามธรรมชาติไปหมักที่มีอากาศถ่ายเท เพื่อให้เกิดการย่อยสลาย
4. การกำจัดขยะโดยใช้เตาเผาขยะ ใช้เตาเผาขนาดใหญ่ เผาไหม้ขยะส่วนที่เป็นของแข็ง ของเหลว และแก๊ส โดยใช้ความร้อนสูง ซึ่งจะก่อให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์
5. การกำจัดขยะโดยใช้การฝังกลบ ใช้ที่ดินขนาดใหญ่ที่สามารถรองรับขยะที่สะสมเป็นจำนวนมากได้ในระยะเวลานาน

แนวทางการลด คัดแยก และนำขยะกลับมาใช้ใหม่ หลักการ 3R (Reduce Reuse and Recycle)

1. Reduce การลดการใช้วัสดุ ผลิตภัณฑ์ เพื่อลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้น
2. Reuse การนำวัสดุ ผลิตภัณฑ์ที่ยังสามารถใช้งานได้กลับมาใช้ซ้ำ
3. Recycle การนำวัสดุ ผลิตภัณฑ์ที่ใช้งานแล้วกลับมาแปรรูปเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่

#### ขยะรีไซเคิล ประกอบด้วย

1. กระดาษ เป็นขยะที่สามารถย่อยสลายง่ายที่สุด เนื่องจากผลิตจากเยื่อไม้ธรรมชาติ เป็นวัสดุที่ผลิตขึ้นมาเพื่อจุดประสงค์สำหรับใช้จดบันทึก ใช้ทำบรรจุภัณฑ์ วัสดุก่อสร้าง ใช้ในการพิมพ์ ใช้เป็นกระดาษสุขภัณฑ์

#### โครงสร้างของกระดาษ ประกอบด้วย

1. องค์ประกอบที่เป็นเส้นใย ได้แก่
  - 1.1 เซลลูโลส (Cellulose) มีสูตรโมเลกุล คือ  $(C_6H_{10}O_5)_n$  เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภท พอลิแซ็กคาไรด์ ชนิดโฮโมพอลิเมอร์ ที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสประมาณ 50,000 โมเลกุล เป็นองค์ประกอบที่สามารถพบในเซลล์พืช



1.2 เฮมิเซลลูโลส (Hemicellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภท พอลิแซ็กคาไรด์ ชนิด โคพอลิเมอร์ ประกอบด้วยโมเลกุลของน้ำตาลหลายชนิด ได้แก่ น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลแมนโนส น้ำตาลกาแลกโทส น้ำตาลไซโลส และน้ำตาลอะราบิโนส

1.3 ลิกนิน (Lignin) ทำหน้าที่เชื่อมให้เส้นใยให้อยู่ด้วยกัน เมื่อผ่านกระบวนการผลิตกระดาษ ลิกนินจะถูกกำจัดออกจากเยื่อกระดาษ เนื่องจากลิกนินจะทำให้กระดาษเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อได้รับแสง

## 2. องค์ประกอบที่ไม่ใช่เส้นใย ประกอบด้วย

2.1 สารเติมแต่ง (Additives) ช่วยทำให้กระดาษขาว เรียบ ทึบแสงมากขึ้น

2.2 สารยึดติด (Adhesive) ช่วยทำให้เส้นใยและส่วนผสมอื่นๆ ยึดติดกันได้ดี

2.3 สารกันซึม (Sizing Agent) เพื่อลดการซึมของของเหลวเข้าเนื้อกระดาษ

2.4 สารเพิ่มความแข็งแรงของผิว (Surface Sizing) ช่วยทำให้แข็งแรงทนต่อการขีด และแรงกดทะลุ

การขีด และแรงกดทะลุ

2. พลาสติก เป็นวัสดุที่สังเคราะห์จากผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมหรือน้ำมันดิบ เป็นขยะที่ย่อยสลายยากมาก มีอายุยืนยาว คุณสมบัติของพลาสติก ไม่ละลายน้ำ ไม่ละลายในสารละลายกรด/เบส ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ หากเมื่อเกิดการเผาไหม้จะเกิดแก๊สพิษ

3. แก้ว เป็นวัสดุผิวเรียบ แข็งใส แต่เปราะบาง แตกร้าวง่าย ทนต่อการกัดกร่อน เป็นขยะที่ย่อยสลาย แต่สามารถนำไปรีไซเคิล

4. โลหะ/อโลหะ เช่น เหล็ก ทองเหลือง ทองแดง ตะกั่ว อะลูมิเนียม

แรงยึดเหนี่ยวอนุภาคของสาร แบ่งเป็น

1. แรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล (Intramolecular Bond) เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอมกับอะตอม

1.1 พันธะไอออนิก (Ionic bond) แรงดึงดูดทางไฟฟ้า (electrostatic interaction) ระหว่าง อะตอมของธาตุที่มีค่า IE ต่ำ (โลหะ) ให้เวเลนซ์อิเล็กตรอนแก่อะตอมของธาตุที่มีค่า IE สูง (อโลหะ) แล้วเกิดเป็นไอออนบวก (Cation) ของโลหะ กับไอออนลบ (Anion) ของอโลหะ

1.2 พันธะโลหะ (Metallic bond) แรงดึงดูดระหว่างไอออนบวกที่เรียงชิดติดกันกับกลุ่มอิเล็กตรอนอิสระที่อยู่โดยรอบ หรือเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากอะตอมในก้อนโลหะใช้เวเลนซ์อิเล็กตรอนทั้งหมดร่วมกัน

1.3 พันธะโคเวเลนต์ (Covalent bond) เป็นพันธะที่เกิดจากการใช้อิเล็กตรอนวงนอก (Valence electron) 1 คู่หรือมากกว่าร่วมกันระหว่างอะตอม 2 อะตอม โดยอาจเป็นอะตอมชนิดเดียวกันหรือต่างชนิดกันก็ได้ แต่มีค่า EN ใกล้เคียงกัน และมีค่า IE สูง

2. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุล (Intermolecular Force) เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลกับโมเลกุล

2.1 แรงแวนเดอร์วาลส์ (van de Waals Attraction) คือ แรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลแบบอ่อน แบ่งออกเป็น แรงลอนดอน (London force) เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลยึดเหนี่ยวกันด้วยแรงอ่อนๆ ซึ่งเกิดขึ้นในสารทั่วไปที่เป็นโมเลกุลที่ไม่มีขั้วด้วยกัน และจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามมวลโมเลกุลของสาร และแรงดึงดูดระหว่างขั้ว (Dipole-dipole attraction) เป็นแรงดึงดูดทางไฟฟ้าอันเนื่องมาจากแรงกระทำระหว่างขั้วบวกกับขั้วลบของโมเลกุลที่มีขั้ว

2.2 พันธะไฮโดรเจน (Hydrogen bond) แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลที่เกิดจากไฮโดรเจนอะตอมสร้างพันธะโคเวเลนต์กับอะตอมของธาตุที่มีค่า EN สูง และมีขนาดเล็ก คือ F O และ N

พลังงานพันธะ (Bond Energy) พลังงานที่น้อยที่สุดที่ใช้สลายพันธะระหว่างอะตอมคู่หนึ่งภายในโมเลกุลที่อยู่ในสถานะแก๊สให้เป็นอะตอมเดี่ยวในสถานะแก๊ส

ความยาวพันธะ (Bond Length) ระยะระหว่างนิวเคลียสของอะตอมคู่หนึ่งที่มีพันธะต่อกัน ความยาวพันธะระหว่างอะตอมคู่เดียวกัน มีค่าต่างกันได้เมื่ออยู่ในสารประกอบต่างชนิดกัน

สภาพขั้วของพันธะ และสภาพขั้วของโมเลกุล พิจารณาค่าอิเล็กโตรเนกาติวิตี หรือ ค่า EN หมายถึง ค่าที่แสดงความสามารถในการดึงดูดอิเล็กตรอนของธาตุที่สร้างพันธะกันเป็นสารประกอบ

สภาพขั้วของพันธะ

1. พันธะโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว (Non-polar covalent bond) พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมสองอะตอมสร้างพันธะกันแล้วนิวเคลียสของทั้งสองดึงดูดอิเล็กตรอนคู่ร่วมพันธะไว้ด้วยแรงเท่าๆ กัน เช่น  $H_2$ ,  $Cl_2$ ,  $O_2$ ,  $N_2$

2. พันธะโคเวเลนต์มีขั้ว (Polar covalent bond) พันธะที่เกิดขึ้นระหว่างอะตอมของธาตุต่างชนิดสร้างพันธะกัน นิวเคลียสของธาตุหนึ่งมักจะดึงดูดอิเล็กตรอนได้มากกว่าอีกนิวเคลียสหนึ่ง ดังนั้นอิเล็กตรอนที่ใช้ร่วมกันมีการกระจายระหว่าง 2 อะตอมไม่เท่ากัน เช่น HF, HCl

สภาพขั้วของโมเลกุล การพิจารณาสภาพขั้วของโมเลกุล ใช้วิธีการหาเวกเตอร์ลัพธ์

1. โมเลกุลโคเวเลนต์ไม่มีขั้ว (Non-polar molecule) โมเลกุลที่เกิดจากขั้วของพันธะหักล้างกันหมดและไม่แสดงทิศทางของขั้ว
2. โมเลกุลโคเวเลนต์มีขั้ว (Polar molecule) โมเลกุลที่เป็นกลางซึ่งมีการกระจายของอิเล็กตรอนไม่สม่ำเสมอ ทำให้โมเลกุลมีขั้วบวกและลบ

#### การละลายของโมเลกุลโคเวเลนต์

1. โมเลกุลมีขั้ว ละลายในโมเลกุลที่มีขั้ว
2. โมเลกุลที่ไม่มีขั้ว ละลายในโมเลกุลที่ไม่มีขั้ว

### 3. จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ด้านความรู้ (K)

1. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะได้
2. อธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
3. ระบุและยกตัวอย่างสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ได้
4. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลโคเวเลนต์ และการละลายน้ำของสารโคเวเลนต์ได้

#### ด้านทักษะกระบวนการ (P)

ทักษะด้านความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประกอบด้วย คิดอย่างสร้างสรรค์ (Think creativity) ทำงานอย่างสร้างสรรค์ (Work creativity and others) และสร้างสรรค์นวัตกรรม (Implement innovations)

ทักษะด้านการสื่อสารและความร่วมมือทำงาน ประกอบด้วย การสื่อสาร (Communication) และการร่วมมือทำงาน (Collaboration)

#### ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. การมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียน
2. มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม
3. นักเรียนตรงเวลา

#### 4. การจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ดำเนินการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม

##### 4.1 ระบุปัญหา (Identify a challenge)

ครูทำการทดสอบก่อนเรียนเพื่อวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม โดยใช้แบบ แบบวัดทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation Skills ) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย

ครูแจกชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี พร้อมทั้งชี้แจงการจัดการเรียนรู้

ครูนำเข้าสู่บทเรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียนรู้จากสถานการณ์ปัญหาขยะล้นเมือง แนวทางในการกำจัดขยะ และแนวทางในการลดปริมาณขยะ 3Rs พร้อมยกตัวอย่างสถานการณ์รีไซเคิลขยะ

ครูให้นักเรียนระบุชนิดของขยะประเภทกระดาษ พลาสติก แก้ว และโลหะที่สามารถนำมารีไซเคิลได้ง่ายและปลอดภัยพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 5 คน สำหรับร่วมกันทำชิ้นงานจากกระดาษเหลือใช้เพื่อลดขยะเหลือใช้ในโรงเรียน โดยทำการตั้งชื่อกลุ่ม ออกแบบโครงสร้างของการทำงาน พร้อมทั้งระบุหน้าที่ความรับผิดชอบ

##### 4.2 การค้นคว้าแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore ideas)

นักเรียนศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับความรู้องค์ประกอบของกระดาษ โครงสร้างของกระดาษ พร้อมทั้งครูดำเนินการสอนโดยใช้กระดาษเป็นตัวแทนในการเรียนรู้ เรื่อง พันธะเคมี

#### 5. สื่อการเรียนรู้/แหล่งเรียนรู้

- 1) ชุดกิจกรรมตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง พันธะเคมี
- 2) Microsoft office Power point

## 6. การวัดและประเมินผล

จุดประสงค์การเรียนรู้/พฤติกรรมที่ ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การ ประเมิน
<b>ด้านความรู้ (K)</b>			
1. คำนวณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยา ของสารโคเวเลนต์จากพลังงานพันธะได้ 2. อธิบายสภาพขั้วและทิศทางของขั้วของ พันธะโคเวเลนต์และโมเลกุลโคเวเลนต์ได้ 3. ระบุและยกตัวอย่างสภาพขั้วและ ทิศทางของขั้วของพันธะโคเวเลนต์และ โมเลกุลโคเวเลนต์ได้ 4. ระบุชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่าง โมเลกุลโคเวเลนต์ และการละลายน้ำของ สารโคเวเลนต์ได้	การถาม-ตอบ	แบบสังเกตพฤติกรรม	ผ่าน คือ ตอบ คำถามได้ ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป ไม่ผ่าน คือ นักเรียนตอบ คำถามได้ ถูกต้องน้อย กว่าร้อยละ 70
<b>ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)</b>			
ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม ประกอบด้วย 1. คิดอย่างสร้างสรรค์ 2. ทำงานอย่างสร้างสรรค์ 3. สร้างสรรค์นวัตกรรม การสื่อสารและความร่วมมือทำงาน ประกอบด้วย 1. การสื่อสาร 2. การร่วมมือทำงาน	ประเมินจากการทำ แบบวัดทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ด้าน การเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ นวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	แบบวัดทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ด้าน การเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ ความคิดสร้างสรรค์ และนวัตกรรม	หลังเรียนสูง กว่าก่อนเรียน
<b>ด้านคุณลักษณะ (A)</b>			
1. การมีส่วนร่วมกับกิจกรรมในชั้นเรียน 2. มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่ม 3. นักเรียนตรงเวลา	ประเมินจากการ สังเกต	แบบประเมินทักษะใน ศตวรรษที่ 21 ด้าน การเรียนรู้และ นวัตกรรม ได้แก่ การ สื่อสารและการ ร่วมมือทำงาน	ระดับดีขึ้นไป

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

บันทึกผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

.....

.....

.....

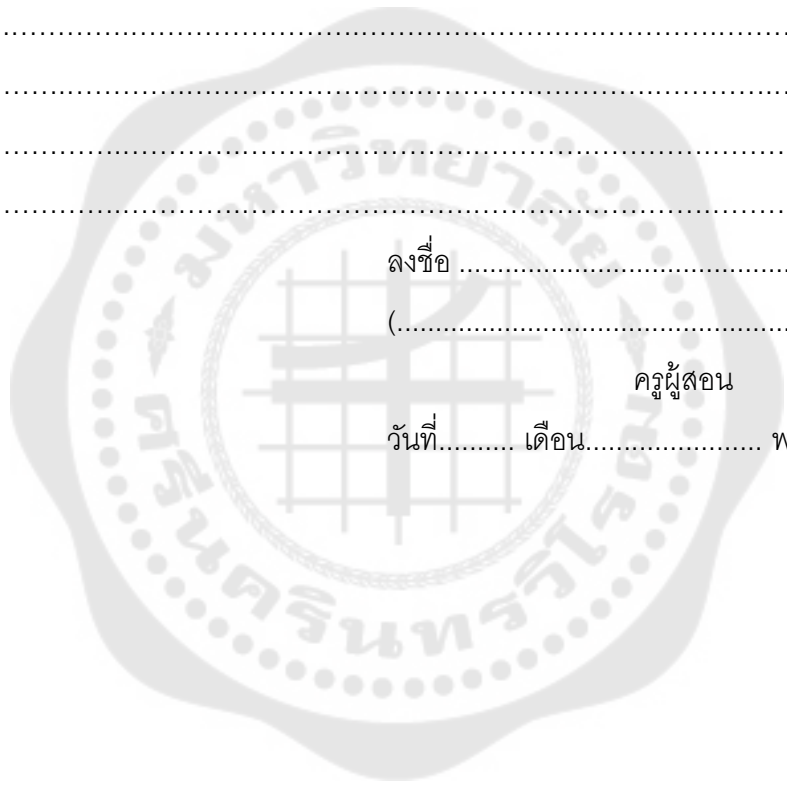
.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ครูผู้สอน

วันที่..... เดือน..... พ.ศ. ....





แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม  
ความคิดสร้างสรรค์และนวัตกรรม (Creativity and Innovation)

กลุ่มที่ ..... ชั้น .....

คำชี้แจง

ให้ผู้ประเมินสังเกตพฤติกรรมด้าน ของนักเรียนแต่ละบุคคล และเขียนเครื่องหมาย ✓  
ลงในช่องระดับคุณภาพตามเกณฑ์ ดังนี้  
เกณฑ์การประเมินให้คะแนน : 5 = ดีมาก 4 = ดี 3 = ปานกลาง 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

ข้อ	รายการพิจารณา	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
การคิดอย่างสร้างสรรค์						
1	การเลือกใช้วัสดุอย่างเหมาะสม					
2	ความคุ้มค่า					
3	รูปแบบของชิ้นงาน					
การทำงานอย่างสร้างสรรค์						
4	การวางแผนการทำงาน					
5	ขั้นตอนการทำงาน					
6	การนำเสนอชิ้นงาน					
การสร้างสรรค์นวัตกรรม						
7	ความสวยงาม ประณีต คงทน					
8	มีความเป็นนวัตกรรม (มีความแปลกใหม่)					
9	มีความเป็นนวัตกรรม (ใช้ประโยชน์ได้จริง)					
รวมคะแนน						

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ ...../...../.....

แบบประเมินทักษะในศตวรรษที่ 21 ด้านการเรียนรู้และนวัตกรรม  
ด้านการสื่อสารและการร่วมมือทำงาน (Communication and Collaboration)

กลุ่มที่ ..... ชั้น .....

คำชี้แจง

ให้ผู้ประเมินสังเกตพฤติกรรมด้าน ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และเขียนเครื่องหมาย ✓ ลง  
ในช่องระดับคุณภาพตามเกณฑ์ ดังนี้

เกณฑ์การประเมินให้คะแนน : 5 = ดีมาก 4 = ดี 3 = ปานกลาง 2 = พอใช้ 1 = ควรปรับปรุง

ข้อ	รายการพิจารณา	ระดับคะแนน				
		5	4	3	2	1
<b>การสื่อสารอย่างชัดเจน</b>						
1	พูดสื่อสาร ถ่ายทอดความคิดอย่างชัดเจน					
2	มีบุคลิกภาพและการแสดงออก					
3	เนื้อหาในการนำเสนอ					
<b>การร่วมมือทำงาน</b>						
1	ทำงานเป็นกลุ่มอย่างมีประสิทธิภาพ					
2	รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น					
3	แสดงความคิดเห็น					
4	ส่งงานตามกำหนดเวลา					
รวมคะแนน						

ลงชื่อ ..... ผู้ประเมิน

(.....)

วันที่ ...../...../.....

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	ถนนอมขวัญ วิบูลย์ธนสาร
วัน เดือน ปี เกิด	15 มิถุนายน 2534
สถานที่เกิด	จังหวัด นครนายก
วุฒิการศึกษา	พ.ศ.2552 ระดับมัธยมศึกษา โรงเรียนสตรีวิทยา 2 ในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระศรีนครินทราบรมราชชนนี พ.ศ.2556 วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พ.ศ.2561 การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชา เคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ที่อยู่ปัจจุบัน	34/20 หมู่ 1 ถนน นครนายก-รังสิต ตำบล ท่าช้าง อำเภอ เมือง จังหวัด นครนายก 26000
ผลงานตีพิมพ์	การพัฒนาชุดกิจกรรมสะเต็มศึกษา เรื่อง พันธะเคมี สำหรับนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย เพื่อส่งเสริมทักษะในศตวรรษที่ 21 ( A Development of STEAM Education Activity Package on Chemical Bonding for High School Students to Enhance 21st Century Skills)