

MA 127188

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ  
และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5  
ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา



นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

สำนักวิทยบริการฯ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
รับ.....
วันลงทะเบียน..... 17 ต.ค. 2562
เลขทะเบียน..... 20 261702
เลขเรียกหนังสือ..... 507 สว 48 น

2561

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

พ.ศ. 2561

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม



ใบอนุญาตวิทยานิพนธ์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

เรื่อง : ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์  
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ผู้วิจัย : นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู

ได้รับอนุมัติเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ว่าที่ ร.ท.ดร.ณัฐชัช จันทม)

คณบดีคณะครุศาสตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สนธิ เต็มองค์ชัย)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐ นุญทองแดง)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรรณี วิไล ชมชิต)

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง)

- ชื่อเรื่อง** : ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
- ผู้วิจัย** : นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู
- ปริญญา** : ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
- อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณวิไล ชมจิต  
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง
- ปีการศึกษา** : 2560

### บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และ 2) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขัติยะวงษา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 ห้องเรียน จำนวน 52 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ และแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และใช้ Paired t – test

ผลการวิจัยปรากฏดังนี้ 1) แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี 3 ว 30223 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีประสิทธิภาพเท่ากับ 2.53 / 77.32 ป็นไปตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 75/75 2) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ โดยรวมและรายด้านและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมและรายด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

**สำคัญ:** การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณา และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์



**Title** : Learning Achievements Integrated Science Processes and Scientific Attitudes of Grade 11 Students Learned Using the STEM Education Approach

**Author** : Mr.Surasit Jitrenoo

**Degree** : Master Degree of Education (Science Education)  
Rajabhat Maha Sarakham University

**Advisors** : Assistant Professor Dr.Panwilai Chomchid  
Assistant Professor Dr.Natechanok Jansawang

**Year** : 2017

### ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to develop lesson plans using STEM learning in Chemistry on *Chemical Reaction Rate* with a required efficiency of 75/75 , and 2) to compare learning achievement, Integrated science process skills and scientific attitudes before and after learning by using STEM education. of 52 grade 11 students in the second semester of 2016 academic year at Khatiyawongsa School. The research instruments included the lesson plans using STEM, a learning, achievement test, an Integrated science process skills test, and a scientific attitude test. The statistics used for analysis of the collected data were percentage, mean, standard deviation and Paired t – test.

The research results were as follows. 1) The developed lesson plans using STEM learning in Chemistry on *Chemical Reaction Rate* Should efficiency of 82.53/77.32 met the established requirement of 75/75. 2) The students who learned using the STEM approach showed learning achievement, integrated science process skills and scientific attitudes from before learning at the .05 level of significance.

**Keywords:** STEM educaton, learning achievement, integrated science process skills, scientific attitudes.

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความรู้และความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พรณวิไล ชมชิด ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม ประธานกรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูษิต บุญทองถึง กรรมการสอบ

ขอขอบพระคุณ คุณครูชนะเลิศ ศรีสุทธิวงษา คุณครูสุทิสรา อารามพงษ์ คุณครูจุฬาพรรณ ชุมพล และอาจารย์ ดร.หทัยชนก คมเม่น ที่กรุณาเมตตาเป็นผู้เชี่ยวชาญที่คอยให้คำแนะนำ แนวทางแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ และอาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษาที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการ คณาจารย์ และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนขัติยะวงษา ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี ขอขอบคุณ พี่ ๆ และเพื่อน ปริญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา (แผนวิชาชีพครู) รุ่น 2 ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นแรงสนับสนุน ทำให้เกิดความพยายามจนสามารถทำวิทยานิพนธ์ ประสบผลสำเร็จ

ท้ายสุดขอขอบพระคุณพระคุณ คุณพ่อสุระชัย คุณแม่สังศรี จิตเรณู พี่น้องครอบครัวและเพื่อนๆ ที่คอยให้กำลังใจ สนับสนุนช่วยเหลือผู้วิจัยด้วยความรักและห่วงใยตลอดมา คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ที่พึงได้จากวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ ผู้วิจัยขอกราบบูชาพระคุณบิดา-มารดา ครู อาจารย์ ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู

## สารบัญ

หัวเรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ .....	ก
ABSTRACT .....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ข
สารบัญ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ช
สารบัญภาพ .....	ญ
บทที่ 1 บทนำ .....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา .....	1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย .....	5
1.3 สมมุติฐานการวิจัย .....	5
1.4 ขอบเขตการวิจัย .....	5
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ .....	7
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย .....	8
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม .....	9
2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 .....	9
2.2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ .....	12
2.3 รูปแบบการสอนแบบสะเต็มศึกษา .....	23
2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	40
2.5 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ .....	46
2.6 เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ .....	52
2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	63

หัวเรื่อง	หน้า
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย .....	68
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง .....	68
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	68
3.3 การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	69
3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	77
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล .....	78
3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	78
บทที่ 4 ผลการวิจัย .....	81
4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	81
4.2 ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล .....	81
4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล .....	82
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ .....	88
5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	88
5.2 สรุปผลการวิจัย .....	88
5.3 อภิปรายผลการวิจัย .....	89
5.4 ข้อเสนอแนะ .....	91
บรรณานุกรม .....	94
ภาคผนวก .....	102
ภาคผนวก ก แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา .....	103
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย .....	124
ภาคผนวก ค การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ .....	130
ภาคผนวก ง หนังสือเรียนเชิญผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือวิจัย .....	134
ประวัติผู้วิจัย .....	138



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 (ว30223) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ..... 16
2.2	กระบวนการวิศวกรรม ..... 31
2.3	แนวการจัดสะเต็มศึกษา ..... 32
2.4	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและพฤติกรรมของผู้เรียนที่ซับซ้อน ทักษะทางวิทยาศาสตร์ ..... 51
2.5	เจตคติรายด้าน 8 ด้าน ..... 63
3.1	การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง เนื้อหา เวลา สารการเรียนรู้ และตัวชี้วัด เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 70
3.2	วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจำนวน ..... 73
3.3	แบบแผนการวิจัย One Group Pretest - Posttest Design ..... 77
4.1	คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละของคะแนนจากการทดสอบย่อย หลังเรียนแต่ละแผนระหว่างการจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 82
4.2	ประสิทธิภาพของแผนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 83
4.3	การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ขั้นบูรณาการ โดยรวม และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ โดยรวม ก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 84
4.4	การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้น บูรณาการ เป็นรายด้านก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ..... 85
4.5	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นรายด้านก่อนและ หลังเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ..... 86

ตารางที่		หน้า
ก.1	การวัดผลและการประเมินความรู้ .....	116
ก.2	แบบประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน .....	119
ก.3	เกณฑ์การประเมินระหว่างเรียน .....	120
ก.4	แบบบันทึกคะแนนรายบุคคล .....	121
ก.5	แบบประเมินนวัตกรรม .....	123
ค.1	ค่าความยากง่าย (p) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน .....	131
ค.2	ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา .....	133



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	สะสมศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม .....	26
2.2	แผนภาพระดับของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ .....	28
2.3	แผนผังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม .....	30



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงของโลกก้าวผ่านจากศตวรรษที่ 20 เข้าสู่ศตวรรษที่ 21 กระแสการเปลี่ยนแปลงของโลกได้ส่งผลกระทบต่อทั้งทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และการเมืองของทุกประเทศ โดยเฉพาะความก้าวหน้าของเทคโนโลยีและการสื่อสารที่ทำให้โลกทั้งโลกเชื่อมโยงและสื่อสารถึงกันได้อย่างรวดเร็ว เป็นโลกไร้พรมแดน การศึกษาเป็นเสาหลักของการพัฒนาที่ยั่งยืน ในสังคมวันพรุ่งนี้ถูกกำหนดโดยทักษะและความรู้ที่ต้องการในปัจจุบัน (UNESCO, 2013, p. 26) ดังนั้นการศึกษาจึงมีบทบาทสำคัญในการสร้างและเตรียมเยาวชนของชาติเพื่อเข้าสู่โลกยุคศตวรรษที่ 21 ซึ่งการจัดการศึกษาสำหรับ ศตวรรษที่ 21 ต้องเป็นการเปลี่ยนแปลงทักษะจากกระบวนการแบบดั้งเดิมไปสู่กระบวนการใหม่ มีความยืดหยุ่น สร้างสรรค์ ท้าทาย และซับซ้อน เป็นการศึกษาที่จะทำให้โลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เพื่อนำไปสู่การพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ที่มีความรู้ความสามารถ มีทักษะการเรียนรู้แห่งศตวรรษที่ 21 เช่น การคิดวิเคราะห์ ความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรม การสื่อสารและการทำงานร่วมกับผู้อื่น หลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 7) ระบุว่า มุ่งส่งเสริมการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับความต้องการของท้องถิ่น มุ่งพัฒนานักเรียนได้เรียนรู้แบบองค์รวม โดยการเรียนรู้ประสบการณ์จริงจากสื่อธรรมชาติ เพราะเป็นสิ่งที่น่าสนใจคุ้นเคย จึงทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี สามารถนำมาอธิบายด้วยหลักการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนมองเห็นภาพชัดเจน มีการนำความรู้เดิมผสมความรู้ใหม่ นำไปสู่ความคิด สร้างสรรค์ เพื่อปรับปรุงเครื่องมือเครื่องใช้ให้ทันสมัยและใช้ประโยชน์ได้ การจัดการเรียนการสอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ในทุกระดับจึงต้องดำเนินการที่จะส่งเสริมให้ผู้เรียนได้รับการพัฒนาที่สมบูรณ์ โดยจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่มุ่งเน้นกระบวนการที่ผู้เรียนเป็นผู้คิด ลงมือปฏิบัติศึกษาค้นคว้าอย่างมีระบบด้วยกิจกรรมที่หลากหลาย เช่น กิจกรรมภาคสนาม กิจกรรมแก้ปัญหา กิจกรรมการสังเกต กิจกรรมสำรวจ กิจกรรมการทดลอง กิจกรรมสืบค้น ทั้งจากแหล่งข้อมูลที่เป็นบุคคล กิจกรรมศึกษาค้นคว้าจากแหล่งต่าง ๆ และแหล่งเรียนรู้ในท้องถิ่น กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ และกิจกรรมอภิปราย เป็นต้น (สำลี รัตสุทธิ, 2544, น. 105-106)

แม้ว่าการพัฒนาคุณภาพการศึกษาจะเป็นภารกิจที่ทุกองค์กรหน่วยงานทางการศึกษาถือปฏิบัติเป็นนโยบายสำคัญที่ต้องเร่งดำเนินการและพยายามที่จะพัฒนาโดยลำดับ แต่ผลการประเมินการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันด้านการศึกษาของประเทศไทย ซึ่งดำเนินการโดยสถาบันการจัดการนานาชาติ (International Institute for Management Development: IMD) สมรรถนะทางการศึกษาในภาพรวม ปี 2552 จัดอันดับให้ไทยอยู่ในอันดับที่ 47 จากทั้งหมด 57 ประเทศ และผลสัมฤทธิ์ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ของเด็ก อายุ 15 ปี ได้คะแนนต่ำกว่าครึ่งอยู่อันดับที่ 39 (สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2552, น. 93-94) และจากการประเมินของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) ซึ่งเป็นโครงการประเมินผลการศึกษาของประเทศสมาชิกองค์การเพื่อความร่วมมือและการพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organisation for Economic Cooperation and Development: OECD) เพื่อประเมินผลการจัดการศึกษาภาคบังคับ โดยการประเมินความรู้และทักษะในด้านการอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ของประชากรอายุ 15 ปีว่าได้รับการศึกษาเพียงพอสำหรับใช้ในชีวิตและมีส่วนร่วมในสังคมอนาคตได้ดีเพียงใด ซึ่งรายงานของโครงการประเมินผลนักเรียนร่วมกับนานาชาติ ปี 2012 ผลการประเมินการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ นักเรียนไทยมีคะแนนเฉลี่ย 444 ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยซึ่งอยู่ที่ 501 และผลการประเมินยังบอกว่าการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าระดับพื้นฐาน ประมาณ 2 ใน 3 ที่รู้เรื่องวิทยาศาสตร์ที่ระดับพื้นฐานขึ้นไปและมีเพียง 1% เท่านั้นที่รู้วิทยาศาสตร์ที่ระดับสูง ในขณะที่ประเทศในเอเชียมีจำนวนนักเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในระดับสูงมากกว่าประเทศไทย เช่น สิงคโปร์ (23%) ญี่ปุ่น (18%) สหประชาจีน (17%) เกาหลี (12%) และ เวียดนาม (8%) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556, น. 18-19)

วิชาเคมีเป็นสาขาหนึ่งของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ที่ศึกษาในเรื่องของสสาร โดยไม่เพียงแต่ศึกษาเฉพาะในเรื่องของปฏิกิริยาเคมี แต่ยังรวมถึงองค์ประกอบ โครงสร้างและคุณสมบัติของสสารอีกด้วย การศึกษาทางด้านเคมีเน้นไปที่อะตอมและปฏิกิริยาระหว่างอะตอมกับอะตอมและโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณสมบัติของพันธะเคมี บางครั้งเคมีถูกเรียกว่าเป็นวิทยาศาสตร์ศูนย์กลาง เพราะเป็นวิชาช่วยที่เชื่อมโยง ฟิสิกส์เข้ากับวิทยาศาสตร์ธรรมชาติสาขาอื่น เช่น ธรณีวิทยาหรือชีววิทยา ซึ่งเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตคือมนุษย์ และสัตว์ อีกทั้งเกี่ยวข้องไปถึงวัตถุหรือสารต่าง ๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น เครื่องนุ่งห่ม อาหาร ยารักษาโรค วัสดุก่อสร้างและอื่น ๆ อีกมากมาย อีกทั้งวิชาเคมียังเป็นพื้นฐานของวิชาชีพที่สำคัญ ๆ เช่น แพทย์ พยาบาล เกษตรกร วิศวกร และวิศกร (แขง, 2555, น. 2-6) ดังนั้นจึงทำให้เนื้อหาของวิชาเคมีบรรจุ สอดแทรก หรือเพิ่มเติมอยู่ในวิทยาศาสตร์ทุกแขนง ไม่ว่าจะเป็นชีววิทยา ธรณีวิทยา พันธุศาสตร์ ฯลฯ ด้วยความสำคัญดังกล่าวจึงทำให้วิชาเคมีถูกกำหนดไว้

ในหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยกำหนดให้เป็น สารที่ 3 สารและสมบัติของสารของ  
มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ถึงแม้วิชาเคมีจะมีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับมนุษย์เป็นอย่างมาก อีกทั้งนักเรียนส่วนใหญ่  
ต้องใช้วิชาเคมีในการสอบเข้ามหาวิทยาลัย แต่ผลการประเมินระดับชาติ (O-NET) วิชาเคมี ชั้นมัธยม  
ศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2554 - 2555 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556) พบว่า คะแนนเต็ม  
100 คะแนน แต่คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศของนักเรียนเป็น 21.14 และ 31.14 คะแนนตามลำดับ จะ  
เห็นว่านักเรียนระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 6 ได้คะแนนเฉลี่ยไม่ถึงครึ่งหนึ่งของคะแนนเต็ม จึงจำเป็นต้องมี  
การพัฒนาคุณภาพการเรียนรู้วิชาเคมีของนักเรียนอย่างเร่งด่วน และจากข้อสรุปที่ได้จากงานวิจัยของ  
สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา ปัญหาหนึ่งที่ทำให้ผลการประเมินคุณภาพผู้เรียนอยู่ในเกณฑ์ต่ำ  
เกิดจากครูขาดประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอน เนื่องจากครูจำนวนหนึ่งไม่ได้เตรียมการสอน  
ซึ่งมีสาเหตุมาจากครูมีภาระงานมากเกินไป ครูสอนตามความเคยชินและประสบการณ์เดิม วิธีการสอน  
ที่ใช้ส่วนใหญ่ยังเน้นการบรรยาย มีการใช้สื่อวัตกรรมการสอนน้อย กิจกรรมการเรียนการสอนไม่ได้  
ฝึกให้นักเรียนศึกษาค้นคว้าจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลายและไม่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง (สำนักงาน  
เลขาธิการสภาการศึกษา, 2553, น. 99) ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้สึกว่า “การเรียนวิทยาศาสตร์  
เป็นยาขมหม้อใหญ่สำหรับเยาวชน สอดคล้องกับการศึกษาของ วรรณทิพา รอดแรงคำ (2545, น. 1)  
พบว่านักเรียนมีพฤติกรรมและความรู้สึกไม่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ เช่น เบื่อหน่ายในการเรียน ขาด  
ความสนใจใฝ่รู้ ไม่กระตือรือร้นในการเรียน มีเจตคติที่ไม่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์เมื่อนักเรียนมี  
เจตคติที่ไม่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ก็จะส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนไม่เป็นไปตามเป้าหมาย

แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่กำลังได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน เป็นแนวความคิดการ  
จัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการเนื้อหาและทักษะด้านวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์  
และเทคโนโลยี ซึ่งรวมเรียกว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) (ธานี จันทน์นาง, 2556, พรทิพย์  
ศิริภัทรราชย์, 2556, มนตรี จุฬาวัดนชาล, 2556, รัชพล ธนานุวงศ์, 2556ก; อภิลิทธิ ธงไชย และคณะ,  
2556, Lantz, 2009, Breiner et al., 2012, O’Neil et al., 2012) โดยที่วิชาทั้งสี่ในสะเต็มศึกษานี้ล้วนแต่  
เป็นวิชาที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21  
ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว มีความเป็นโลกาภิวัตน์ สังคมตั้งอยู่บนฐานของความรู้ และเต็มไปด้วย  
ด้วยเทคโนโลยีที่นับวันยิ่งเจริญก้าวหน้าขึ้นไป (รัชพล ธนานุวงศ์, 2556ข, น. 15-20) เพราะอดีตที่  
ผ่านมา การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ วิชาคณิตศาสตร์และวิชาเทคโนโลยี เป็นการเรียนรู้ที่แยกออกจาก  
กันอย่างอิสระเปรียบเสมือนกับขมชั้น แต่ละชั้นจะเรียงกันเป็นชั้น ๆ อย่างเป็นระเบียบแต่ก็ไม่สามารถ  
สามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ จึงได้มีการนำทักษะกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ “E” เข้ามา

บูรณาการสู่การเรียนการสอนส่งผลทำให้การเรียนรู้เนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี มีความน่าสนใจและมีประสิทธิผลมากยิ่งขึ้น ผู้เรียนยังได้ฝึกฝนทักษะการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และทักษะกระบวนการคิดการออกแบบ การแก้ปัญหา การให้เหตุผลต่าง ๆ ทางเทคโนโลยีและวิศวกรรมมาบูรณาการร่วมด้วย (สุพรรณิ ชาญประเสริฐ, 2557, น. 3-5)

การที่จะบูรณาการวิชาทั้งสี่ในสะเต็มศึกษาได้นั้น ครูผู้สอนต้องผนวกองค์ประกอบสำคัญของการเรียนการสอน 2 ด้าน คือ ด้านบริบท (Context) ซึ่งเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของผู้เรียนเอง และด้านเนื้อหา (Content) ซึ่งเกี่ยวข้องกับความรู้หลักและนอกจากนี้จำเป็นต้องให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง ได้ทำงานเป็นกลุ่ม อภิปราย และสื่อสารเพื่อนำเสนอผลงาน คล้ายกับแนวทางการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็น (Project-Based Learning : PBL) การเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning : PBL) (รักษพล รัตนวงษ์, 2556 ก; อภิลักษณ์ ชงไชย, 2556) และการเรียนรู้โดยใช้การออกแบบเป็นฐาน (Design-Based Learning) (พรทิพย์ ศิริภักตราชัย, 2556, น. 49-56) ที่ผนวกกระบวนการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Inquiry) ไว้แล้ว ทั้งยังได้มีการเรียนรู้สะเต็มศึกษาที่ผนวกการเรียนรู้นบนฐานการออกแบบซึ่งเป็นแนวทางการเรียนรู้วิศวกรรมศาสตร์เข้าไปด้วย (อุปการ จิระพันธุ์, 2556, น. 24-27) ส่งผลให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริงสืบเสาะหาความรู้และวิจัยด้วยตนเอง นักเรียนจะมีความกระตือรือร้น รู้สึกสนุก พึงพอใจและอยากเข้ามามีส่วนในการทำกิจกรรมเพิ่มขึ้นด้วย ระดับผลการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น (Diana, 2012) มองเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยีและวิศวกรรมสามารถนำมาใช้แก้ปัญหาและมีเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพที่ในสาขาเกี่ยวข้องกับ STEM (Tseng et al., 2013, pp. 81-102) นักเรียนมีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ สนใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น (Dowey, 2013) เห็นคุณค่าของการเรียนและมั่นใจว่าสามารถสำเร็จการศึกษาได้ (Scott, 2012, pp. 30-39) และนักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้าและประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในสภาพภาคหน้าได้ (Diana, 2012; Tseng et al., 2013)

จากเหตุผลดังที่ได้กล่าวมา ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำแนวการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษามาใช้ในการจัดเรียนการสอนวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงของนักเรียนให้ดีขึ้นเพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ๆ อันจะส่งทำให้เกิดเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ตามมาและทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเพิ่มสูงขึ้น อีกทั้งยังทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญและความเชื่อมโยงกันได้ของวิชาใน STEM (วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีวิศวกรรม และคณิตศาสตร์)

เพื่อเป็นการพัฒนาผู้เรียนให้เต็มศักยภาพและเป็นบุคคลที่มีความรู้ความสามารถได้อย่างมีคุณภาพในโลกศตวรรษที่ 21 และนำผลการวิจัยที่ได้รับไปใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพต่อไป

## 1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

1.3.1 นักเรียนที่เรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมีหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

1.3.2 นักเรียนที่เรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการสูงกว่าก่อนเรียน

1.3.3 นักเรียนที่เรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียน

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

### 1.4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

#### 1.4.1.1 ประชากร

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนจัดyceวงษา ที่เรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 52 คน จาก 2 ห้องเรียน



#### 1.4.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนขัติยะวงษา ที่เรียนรายวิชาเคมีเพิ่มเติม เล่ม 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 28 คน จาก 1 ห้องเรียน ได้มาด้วยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยการจับฉลากห้องเรียน

#### 1.4.2 เนื้อหา

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยเป็นเนื้อหาวิชาเคมีเพิ่มเติมเล่ม 3 ว30223 จำนวน 1.5 หน่วยกิต โดยจัดการเรียนรู้ 3 ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน 10 แผน เวลารวม 15 ชั่วโมง ในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยมีหัวข้อดังนี้

1.4.2.1 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยา	1 ชั่วโมง
1.4.2.2 แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา	2 ชั่วโมง
1.4.2.3 พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา	1 ชั่วโมง
1.4.2.4 ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน	2 ชั่วโมง
1.4.2.5 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อปฏิกิริยาเคมี	1 ชั่วโมง
1.4.2.6 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา	2 ชั่วโมง
1.4.2.7 พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา	1 ชั่วโมง
1.4.2.8 อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยา	2 ชั่วโมง
1.4.2.9 ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี	1 ชั่วโมง
1.4.2.10 STEM. ผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดา	2 ชั่วโมง

#### 1.4.3 ตัวแปรที่ใช้ในการศึกษา

##### 1.4.3.1 ตัวแปรอิสระ คือ

1.4.3.1 การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

1.4.3.2 ตัวแปรตาม

1.4.3.3 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

1.4.3.4 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

1.4.3.5 เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

#### 1.4.4 ขอบเขตด้านเวลา

ภาคเรียนที่ 2/2559

## 1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

“การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)” หมายถึง การจัดการศึกษาให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และสามารถบูรณาการความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology), กระบวนการทางวิศวกรรม (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) ไปใช้ในการเชื่อมโยงและแก้ปัญหา ในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ควบคู่ไปกับการพัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน คือ 1) ชั้นระบุปัญหาหรือสถานการณ์ 2) ชั้นเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 3) ชั้นออกแบบชิ้นงานหรือวิธีการแก้ปัญหา 4) ชั้นการทดลอง และ 5) ชั้นประเมินและปรับปรุงแก้ไข

“ประสิทธิภาพของแผนการเรียนรู้” หมายถึง ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยแผนการเรียนรู้เคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งวัดและประเมินผลตามสภาพจริงแล้วมีผลไปตามเกณฑ์ 75/75 โดยคำนวณจากคะแนนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ระหว่างเรียนและคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียน ดังนี้

75 ตัวแรก หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ของนักเรียนทุกคนที่ทำได้ระหว่างเรียนจากการประเมินผลงานและการทดสอบย่อยท้ายแผนกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีค่าร้อยละ 75 ขึ้นไป

75 ตัวหลัง หมายถึง ร้อยละของคะแนนเฉลี่ย ของนักเรียนทุกคนที่ได้จากการทดสอบแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ซึ่งมีค่าร้อยละ 75 ขึ้นไป

“ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน” หมายถึง ความรู้ความเข้าใจของนักเรียน เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ออกมาเป็นคะแนน หลังจากที่ได้รับการเรียนการสอน ให้ทราบว่านักเรียนได้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังได้หรือไม่ ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เป็นแบบทดสอบชนิดอิงเกณฑ์แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

“ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ (Integrated Process Skills)” หมายถึง ทักษะทางสติปัญญาที่จำเป็นสำหรับการเรียนรู้โมเดลและหลักการทางวิทยาศาสตร์ช่วยให้การลงข้อสรุปแบบอุปนัยมีความเที่ยงตรงถูกต้องหรือเชื่อถือได้ (ไพฑูริย์ สุขศรีงาม, 2530, น. 5) ซึ่งต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการประกอบไปด้วย 5 ทักษะได้แก่ 1) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 2) การตั้งสมมติฐาน 3) การกำหนดและควบคุมตัวแปร 4) การทดลอง 5) การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป วัดโดยใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

“เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes)” หมายถึง อุปนิสัยของนักวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยให้บุคคลเกิดการแสวงหาความรู้อย่างไม่มีที่สิ้นสุดและยังช่วยให้เข้าใจหลักการทาง

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพื้นฐานที่จะต้องใช้ชีวิตประจำวัน เพื่อปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ เป็นกระบวนการอย่างหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้กระทำเพื่อให้เกิดความรู้ขึ้นมา ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ แบบทดสอบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2540, น. 70) สร้างโดย บรรทม เครือวัลย์ (2530) โดยใช้กรอบความคิดของ Hanney (1969, pp. 198-204) ลักษณะของแบบ ทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก มีทั้งหมด 40 ข้อ แบ่งออกเป็น 8 ด้านคือ 1) ความอยากรู้ 2) ความอยากเห็น 3) ความมีเหตุผล 4) มีความรอบคอบในการตัดสินใจ 5) ความใจกว้าง 6) ความคิดเชิง วิพากษ์วิจารณ์ 7) ความเป็นปรนัย 8) ความซื่อสัตย์และ 9) การยอมรับข้อจำกัด โดยมีเกณฑ์คือข้อ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ข้อตอบผิด ได้ 0 คะแนน

## 1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัยครั้งนี้

1.6.1 เป็นแนวทางในการเลือกรูปแบบการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับผู้เรียนเพื่อส่งเสริม ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น

1.6.2 เป็นแนวทางในรูปแบบการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาไปประยุกต์ใช้และบูรณาการ ร่วมกับกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ได้

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## บทที่ 2

### การทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

#### 2.1 หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

##### 2.1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคน ซึ่งเป็นกำลังของชาติให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษต่อ การประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่า ทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4)

##### 2.1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

2.1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล

2.1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาคและมีคุณภาพ

2.1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น

2.1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้

2.1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

2.1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบ และตามอัธยาศัย ครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 4)

### 2.1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อ และประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียน เมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

2.1.3.1 มีคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเองมีวินัย และปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนา หรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

2.1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัย และรักการออกกำลังกาย

2.1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

2.1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อมมีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคม และอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 5)

### 2.1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ดังนี้

2.1.4.1 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1) ความสามารถในการสื่อสาร เป็นความสามารถในการรับและส่งสารมี วัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนะของตนเองเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูล

ข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้องตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

2) ความสามารถในการคิด เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3) ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาและอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา และมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

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

5) ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือก และใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคมในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 6)

#### 2.1.4.2 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

- 1) รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
- 2) ซื่อสัตย์สุจริต
- 3) มีวินัย
- 4) ใฝ่เรียนรู้
- 5) อยู่อย่างพอเพียง
- 6) มุ่งมั่นในการทำงาน
- 7) รักความเป็นไทย

## 8) มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 7)

## 2.2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน เหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจัย มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-Based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระและมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์สำคัญไว้ดังนี้

### 2.2.1 สาระและมาตรฐานการเรียนรู้

ประกอบด้วย 8 สาระ ได้แก่

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5 พลังงาน

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ และ

## สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ได้ปรับเนื้อหาเพื่อให้เข้ากับบริบทของผู้วิจัย โดยกำหนดกรอบ แนวทางของเนื้อหาใน สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับ โครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคมีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์ มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยามีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

### 2.2.2 คุณภาพของผู้เรียน

ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ คุณภาพของผู้เรียนนั้นเป็นสิ่งสำคัญดังนั้นจึงมีการกำหนดคุณภาพของผู้เรียนเมื่อสำเร็จการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น ซึ่งได้กล่าวไว้ว่าคุณภาพผู้เรียนเมื่อจบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีดังต่อไปนี้ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, น. 12)

2.2.2.1 เข้าใจการรักษาคุณภาพของเซลล์และกลไกการรักษาคุณภาพของเซลล์และกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต

2.2.2.2 เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชันวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม

2.2.2.3 เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.2.2.4 เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอมการจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและการเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2.2.2.5 เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว

2.2.2.6 การเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วนน้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

2.2.2.7 เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกิริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล

2.2.2.8 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวกับการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสี และพลังงานนิวเคลียร์

2.2.2.9 เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม



2.2.2.10 เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาเล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

2.2.2.11 เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้า ผลเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม

2.2.2.12 ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรสืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้

2.2.2.13 วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปร

2.2.2.14 โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ

2.2.2.15 สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบ โดย การพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ

2.2.2.16 ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ

2.2.2.17 แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบและซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้

2.2.2.18 ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสวงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ้างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย

2.2.2.19 แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

2.2.2.20 แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้ พบคำตอบ หรือแก้ปัญหาได้

2.2.2.21 ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็น โดยมีข้อมูลอ้างอิงและเหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรมต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

### 2.2.3 คำอธิบายรายวิชาเคมีเพิ่มเติม

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนชติยะวงษา รหัส ว30223 รายวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เวลา 60 ชั่วโมง จำนวน 1.5 หน่วยกิต กำหนดไว้ดังนี้

ศึกษาความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ทดลองเพื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารจากกราฟ ศึกษาและวิเคราะห์แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี โดยใช้ทฤษฎีจลน์และการชนกันของอนุภาค การเกิดสารเชิงซ้อนแก๊มมันต์ พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับผลของความเข้มข้น พื้นที่ผิว อุณหภูมิ ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมบัติของตัวเร่งปฏิกิริยา และการใช้ทฤษฎีจลน์อธิบายผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ศึกษาปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ การเกิดปฏิกิริยาไปข้างหน้า ปฏิกิริยาย้อนกลับ และปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ทดลองเกี่ยวกับปฏิกิริยาที่ผันกลับได้ ศึกษาการเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างสถานะ สมดุลในสารละลายอิมิตัว สมดุลไดนามิก ศึกษาและทดลองสมดุลเคมี ในปฏิกิริยา วิเคราะห์ความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มข้นของสารต่าง ๆ ณ ภาวะสมดุล ค่าคงที่สมดุลกับสมการเคมี คำนวณหาค่าคงที่ของสมดุลและหาความเข้มข้นของสารในปฏิกิริยา ณ ภาวะสมดุล ทดลองเพื่อศึกษาผลของความเข้มข้น ความดัน อุณหภูมิต่อภาวะสมดุลและค่าคงที่สมดุล หลักของเลอชาเตอลิเอและการนำหลักของเลอชาเตอลิเอไปใช้ในกระบวนการ อุตสาหกรรม กระบวนการต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ศึกษาและทดลองสมบัติบางประการของสารละลายอิเล็กโทรไลต์และสารละลายนอนอิเล็กโทรไลต์ ประเภทของสารละลายอิเล็กโทรไลต์ ศึกษาไอออนในสารละลาย กรด และเบส ทฤษฎีกรด-เบสของอาร์เรเนียส เบรินสเตด-ลาวรี และลิวอิส ศึกษาและทดลองเกี่ยวกับการถ่ายโอนโปรตอนของสารละลายกรด-เบส ศึกษาคู่ กรด-เบส การคำนวณและการเขียนสมการการแตกตัวของกรด-เบส การคำนวณค่าคงที่การแตกตัวเป็นไอออน ของกรดอ่อนและเบสอ่อน

ศึกษาและทดลองการแตกตัวเป็นไอออนของน้ำ การคำนวณค่าคงที่การแตกตัวของน้ำ pH ของสารละลาย และการคำนวณค่า pH อินดิเคเตอร์สำหรับกรด-เบส สารละลายกรด-เบสในชีวิตประจำวันและในสิ่งมีชีวิต ศึกษาและทดลองเรื่องปฏิกิริยาสะเทินและปฏิกิริยาการเกิดเกลือจากปฏิกิริยาระหว่างสารละลาย กรดกับสารละลายเบส ปฏิกิริยาไฮโดรลิซิสของเกลือ ศึกษาเกี่ยวกับการไทเทรตสารละลายกรด-เบส การเขียนกราฟและการหาจุดสมมูลจากกราฟของการไทเทรต และคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายกรด-เบส ศึกษาหลักการเลือกใช้อินดิเคเตอร์สำหรับไทเทรตกรด-เบส การประยุกต์ความรู้ เรื่องการไทเทรตไปใช้ใน ชีวิตประจำวัน ศึกษาและทดลองสมบัติความเป็นบัฟเฟอร์ของสารละลาย

เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี สมดุลเคมีในสิ่งมีชีวิต และสิ่งแวดล้อม และสารละลายกรด-เบส โดยใช้การเรียนรู้ ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การสำรวจ ตรวจสอบ สามารถนำความรู้และหลักการไปใช้ประโยชน์ เชื่อมโยงอธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน สามารถจัดกระทำและวิเคราะห์ข้อมูล สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้มีความสามารถในการตัดสินใจ แก้ปัญหา มีจิตวิทยาศาสตร์ เห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ มีจริยธรรม คุณธรรมและค่านิยมที่เหมาะสม

## 2.2.4 โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 (ว30223)

### ตารางที่ 2.1

โครงสร้างรายวิชาเคมีเพิ่มเติม 3 (ว30223) ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

หน่วยการจัดการ เรียนรู้ที่	แผนการจัดการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	ตัวชี้วัด	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	จำนวน ชั่วโมง	น้ำหนัก (คะแนน)
อัตรา การเกิด ปฏิกิริยา เคมี	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 1 ความหมายของ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี	อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี หมายถึง การ เปลี่ยนแปลง ของสารตั้งต้น หรือสาร ผลิตภัณฑ์ ขณะปฏิกิริยา ดำเนินไปใน หนึ่งหน่วย เวลา	ทดลอง อธิบายและ เขียน สมการของปฏิกิริยา เคมีทั่วไป ที่พบใน ชีวิตประจำวัน รวมทั้ง อธิบายผล ของสารเคมีที่มี ต่อสิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม	บอกความหมาย เขียน ความสัมพันธ์ของ อัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมีได้	1	1

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยการ จัดการ เรียนรู้ที่	แผนการจัดการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	ตัวชี้วัด	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	จำนวน ชั่วโมง	น้ำหนัก (คะแนน)
อัตรา การเกิด ปฏิกิริยา เคมี	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับ การเกิด ปฏิกิริยาเคมี	เมื่อโมเลกุลของ สารที่มีพลังงาน จลน์เคลื่อนที่มา ชน ปฏิกิริยาจะ เกิดได้ก็ต่อเมื่อ โมเลกุลที่ชน กันนั้นจะต้องมี พลังงานอย่าง น้อยที่สุดค่า หนึ่งซึ่งเท่ากับ พลังงานก่อ กัมมันต์และทิศ ทางการชนกัน นั้นจะต้องมีทิศ ที่มีเหมาะสม	ทดลองและอธิบาย อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีปัจจัยที่ มีผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไปใช้ ประโยชน์	อธิบายแนวคิดของ การเกิดปฏิกิริยา เคมี และพลังงาน ก่อกัมมันต์ของ ปฏิกิริยาได้	1	1
	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 3 พลังงาน กับการ ดำเนินไปของ ปฏิกิริยาเคมี	ปฏิกิริยาเคมี จำแนกออกโดย ใช้พลังงานเป็น เกณฑ์แบ่งออก เป็น 2 ประเภท คือ ปฏิกิริยาคาย พลังงานกับ ปฏิกิริยาดูด พลังงาน	ทดลองและอธิบาย อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีปัจจัยที่ มีผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไป ใช้ ประโยชน์	คำนวณพลังงาน ก่อกัมมันต์ พลังงาน รวมของปฏิกิริยา และบอกประเภท ของปฏิกิริยาเคมี ได้บอก พลังงานก่อ กัมมันต์ พลังงาน รวมของปฏิกิริยา สารกัมมันต์ ขึ้นกำหนดอัตรา และบอกประเภท ของปฏิกิริยา ใน ปฏิกิริยาเคมีที่มี หลายขั้นตอนได้	1	1

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยการ จัดการ เรียนรู้ที่	แผนการจัดการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	ตัวชี้วัด	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	จำนวน ชั่วโมง	น้ำหนัก (คะแนน)
อัตรา การเกิด ปฏิกิริยา เคมี	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวัน	ปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวันมี มากมายหลาย ประเภท เช่น การเผาไหม้ ปฏิกิริยา ระหว่างโลหะ กับกรดปฏิกิริยา ระหว่างกรดกับ เบส ปฏิกิริยา ระหว่างสาร ประกอบ คาร์บอนเนตกับ กรด ปฏิกิริยา การสลายตัว ของโซเดียม ไฮดรอกไซด์ คาร์บอนเนต และมีการ เปลี่ยนแปลง พลังงานทั้งกาย ความร้อน หรือ ดูดความร้อน เมื่อสิ้นสุด ปฏิกิริยา	ทดลอง อธิบาย และ เขียนสมการของ ปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่ พบในชีวิต ประจำวัน รวมทั้ง อธิบายผลของ สารเคมีที่มีต่อ สิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม	อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาเคมีการ เผาไหม้ได้ อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาระหว่าง โลหะกับกรดได้ อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาระหว่าง กรดกับเบสได้ อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาระหว่าง สารประกอบ คาร์บอนเนตกับกรด ได้ อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาการสลาย ตัวของโซเดียม ไฮดรอกไซด์ คาร์บอนเนตได้	2	2

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยการ จัดการ เรียนรู้ที่	แผนการจัดการ เรียนรู้	สาระสำคัญ	ตัวชี้วัด	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	จำนวน ชั่วโมง	น้ำหนัก (คะแนน)
อัตรา การเกิด ปฏิกิริยา เคมี	แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 5 ปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวัน	ปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวันมี มากมายหลาย ประเภท เช่น การเผาไหม้ ปฏิกิริยา ระหว่างโลหะ กับกรดปฏิกิริยา ระหว่างกรดกับ เบส ปฏิกิริยา ระหว่างสาร ประกอบ คาร์บอนเนตกับ กรด ปฏิกิริยา การสลายตัว ของโซเดียม ไฮดรอกไซด์ คาร์บอนเนต และมีการ เปลี่ยนแปลง พลังงานทั้งกาย ความร้อน หรือ ดูดความร้อน เมื่อสิ้นสุด ปฏิกิริยา	ทดลอง อธิบาย และ เขียนสมการของ ปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่ พบในชีวิต ประจำวัน รวมทั้ง อธิบายผลของ สารเคมีที่มีต่อ สิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม	อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาเคมีการ เผาไหม้ได้ อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาระหว่าง โลหะกับกรดได้ อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาระหว่าง สารประกอบ คาร์บอนเนตกับ กรดได้ อธิบายการเกิด ปฏิกิริยาการสลาย ตัวของโซเดียม ไฮดรอกไซด์ คาร์บอนเนตได้	2	2

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยการ จัดการ เรียนรู้ที่	แผนการ จัดการเรียนรู้	สาระสำคัญ	ตัวชี้วัด	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	จำนวน ชั่วโมง	น้ำหนัก (คะแนน)
อัตรา การเกิด ปฏิกิริยา เคมี	แผนการ จัดการ เรียนรู้ที่ 6 ความเข้มข้น ของสารกับ อัตราการ เกิด ปฏิกิริยา	การเกิดปฏิกิริยาของ สารส่วนใหญ่ เมื่อ เกิดปฏิกิริยาไปได้ ระยะหนึ่ง อัตรา การเกิดปฏิกิริยา จะช้าลงเพราะเมื่อ สารเริ่มต้นเข้าทำ ปฏิกิริยา สาร จำนวนหนึ่งจะถูก ใช้ไป ความเข้มข้น ของสารเริ่มต้นจึง ลดลงทำให้ปริมาณ ของผลิตภัณฑ์ที่เกิด ขึ้นน้อยลงเรื่อย ๆ และในปฏิกิริยาที่ สารเริ่มต้นมีสถานะ เป็นของแข็งที่มีพื้นที่ ผิวมาก เมื่อทำ ปฏิกิริยากับสารอีก ชนิดหนึ่งที่มีสถานะ เป็นของเหลวแล้วจะ มีผลให้อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น กว่าการเข้าทำปฏิกิริยา ของสารตั้งต้นที่มี สถานะเป็นของแข็ง แต่มีพื้นที่ผิวน้อย และในสภาวะที่ อุณหภูมิสูงอนุภาค สารจะมีพลังงานจลน์ สูงและเคลื่อนที่ได้ รวดเร็วกว่าสภาวะ ที่อุณหภูมิต่ำ	บอกความหมาย ของพลังงาน กัมมันต์และ เปรียบเทียบได้ ว่าปฏิกิริยาเคมี ใดเกิดได้เร็วกว่า กันเมื่อทราบค่า พลังงานก่อกัมมันต์ของ ปฏิกิริยานั้น บอกความสัมพันธ์ ระหว่างอัตรา การเกิดปฏิกิริยา เคมีกับความ เข้มข้นของสาร ตั้งต้น บอกผลของ ปริมาณพื้นที่ผิว (ที่มีสารตั้งต้น ต่างสถานะกัน) อุณหภูมิต่ำ และตัวหน่วง ปฏิกิริยา ที่มี ต่ออัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี	อธิบายถึงความ เข้มข้น พื้นที่ ผิว อุณหภูมิ และตัวเร่ง ปฏิกิริยา ผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมีได้ อธิบายวิธีควบคุม อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวัน และใน อุตสาหกรรม ได้คำนวณหา อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี ของสารจาก ข้อมูลที่กำหนด ให้ได้ เขียนกราฟแสดง ความสัมพันธ์ ระหว่าง พลังงาน ของสารกับการ ดำเนินไปของ ปฏิกิริยาจาก ข้อมูลที่กำหนด ให้ได้	2	2

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยการ จัดการ เรียนรู้ที่	แผนการ จัดการเรียนรู้	สาระสำคัญ	ตัวชี้วัด	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	จำนวน ชั่วโมง	น้ำหนัก (คะแนน)
อัตรา การเกิด ปฏิกิริยา เคมี	แผนการ จัดการ เรียนรู้ที่ 7 พื้นที่ผิวของ สารกับ อัตราการ เกิด ปฏิกิริยา เคมี	การเกิดปฏิกิริยาของ สารส่วนใหญ่ เมื่อ เกิดปฏิกิริยาไปได้ ระยะหนึ่ง อัตราการ เกิดปฏิกิริยาจะช้าลง เพราะ เมื่อสาร เริ่มต้นเข้าทำ ปฏิกิริยา สารจำนวน หนึ่งจะถูกใช้ไป ความเข้มข้นของสาร เริ่มต้นจึงลดลง ทำ ให้ปริมาณของ ผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น น้อยลงเรื่อย ๆ และ ในปฏิกิริยาที่สาร เริ่มต้นมีสถานะเป็น ของแข็งที่มีพื้นที่ผิว มาก เมื่อทำ ปฏิกิริยา กับสารอีกชนิดหนึ่ง ที่มีสถานะเป็น ของเหลวแล้ว จะมี ผลให้อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเกิดได้ เร็วขึ้นกว่าการเข้า ทำ ปฏิกิริยาของสารตั้ง ต้นที่มีสถานะเป็น ของแข็งแต่มีพื้นที่ผิว น้อย และในสภาวะที่ อุณหภูมิสูง อนุภาค สารจะมี พลังงาน จลน์สูงและเคลื่อนที่ ได้รวดเร็วกว่า สภาวะที่อุณหภูมิต่ำ	ทดลอง อธิบาย และ เขียนสมการของ ปฏิกิริยาเคมี ทั่วไปที่พบใน ชีวิตประจำวัน รวมทั้ง อธิบายผล ของสารเคมีที่มี ต่อสิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม ทดลองและอธิบาย อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี และนำความรู้ไป ใช้ประโยชน์	อธิบายความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของ สารเริ่มต้นที่มีผล ต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี ได้ อธิบายการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิที่มีผลต่อ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมีได้ ทดลองหาความ เข้มข้นของสาร เริ่มต้นที่ทำให้ เกิดปฏิกิริยาเคมี เร็วขึ้นได้ ทดลองหาอุณหภูมิที่ เหมาะสมที่ทำให้ เกิดปฏิกิริยาเคมี เร็วขึ้นได้	1	1

(ต่อ)



ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยการ จัดการ เรียนรู้ที่	แผนการ จัดการเรียนรู้	สาระสำคัญ	ตัวชี้วัด	ผลการเรียนรู้ที่ คาดหวัง	จำนวน ชั่วโมง	น้ำหนัก (คะแนน)
อัตรา การเกิด ปฏิกิริยา เคมี	แผนการ จัดการ เรียนรู้ที่ 8 อุณหภูมิกับ อัตราการ เกิด ปฏิกิริยา	อัตราการเกิดปฏิกิริยา จะเร็วหรือช้า ขึ้นอยู่ กับปัจจัย ซึ่งแบ่งได้ 5 ประการ ได้แก่ ธรรมชาติของสาร ตั้งต้น ความเข้มข้น ของสารตั้งต้น พื้นที่ ผิว อุณหภูมิ และ ตัวเร่งปฏิกิริยา	ทดลอง และอธิบาย อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี ปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี และ นำความรู้ไป ใช้ประโยชน์	บอกปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาได้ อธิบายผลของปัจจัย ที่มีต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาได้	2	2
ตัวเร่ง ปฏิกิริยา และตัว หน่วง ปฏิกิริยา	แผนการ จัดการ เรียนรู้ที่ 9 ตัวเร่ง ปฏิกิริยา และตัว หน่วง ปฏิกิริยา	ระบุปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี รวมถึง อภิปรายผลของ ความเข้มข้น พื้นที่ ผิวของสาร อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัวหน่วง ปฏิกิริยาที่มีผลต่อ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาได้	ทำการทดลองเพื่อ ศึกษาการเปลี่ยน แปลงของตัวเร่ง ปฏิกิริยาได้ อธิบายและอภิปราย ผลของตัวเร่งและ ตัวหน่วงที่มีผลต่อ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาได้	ระบุปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี รวมถึงอภิปราย ผลของความ เข้มข้นพื้นที่ผิว ของสาร อุณหภูมิ ตัวเร่งและตัว หน่วงปฏิกิริยาที่มี ผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาได้	1	1
ผลึก กัมมันต์ กำจัดกลืน อับจาก เบคกิ้ง โซดา	แผนการ จัดการ เรียนรู้ที่ 10 ผลึก กัมมันต์ กำจัดกลืน อับจาก เบคกิ้ง โซดา	การเกิดปฏิกิริยาของ สารส่วนใหญ่ เมื่อ เกิดปฏิกิริยาไปได้ ระยะหนึ่ง อัตราการ เกิดปฏิกิริยาจะช้าลง เพราะ เมื่อสารเริ่ม ตั้งเข้าทำปฏิกิริยา สารจำนวนหนึ่งจะ ถูกใช้ไป ความ เข้มข้นของสารตั้ง ต้นจึงลดลง ทำให้ ปริมาณของ ผลึกกัมมันต์ที่เกิดขึ้น น้อยลงเรื่อยๆ และ	ทดลอง อธิบาย ปฏิกิริยาเคมีและ เขียนสมการเคมี รวมทั้งผลของ ปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวันที่มี ต่อสิ่งมีชีวิตและ สิ่งแวดล้อม ทดลองและอธิบาย อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี และ ปัจจัยที่มีผลต่อ อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี	อธิบายความหมาย ของปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี และ สมการเคมี ทดลองเพื่อศึกษา อัตราการเกิด ปฏิกิริยาและ ปัจจัยที่มีผลต่อ การเกิด ปฏิกิริยาได้ ออกแบบ สร้าง ผลึกกัมมันต์และ ทดสอบความ	2	2

(ต่อ)

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

หน่วยการ		สาระสำคัญ	ตัวชี้วัด	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	จำนวน ชั่วโมง	น้ำหนัก (คะแนน )
จัดการเรียนรู้ที่	แผนการจัดการเรียนรู้					
อัตรา	แผนการ	ในปฏิกิริยาที่สาร	รวมทั้งการ	สามารถในการ	2	2
การเกิด	จัดการ	เริ่มต้นมีสถานะเป็น	นำไปใช้	กำจัดกลิ่นอับของ		
ปฏิกิริยา	เรียนรู้ที่ 10	ของแข็งที่มีพื้นที่ผิว	ประโยชน์	สารผลิตภัณฑ์		
เคมี	ผลิตภัณฑ์	มาก เมื่อทำปฏิกิริยา		กำจัดกลิ่นอับ		
	กำจัดกลิ่น	กับสารอีกชนิดหนึ่ง		จากเบคกิ้ง		
	อับจาก	ที่มีสถานะเป็น		โซดา		
	เบคกิ้ง	ของเหลวแล้ว จะมี				
	โซดา	ผลให้อัตราการเกิด				
		ปฏิกิริยาเกิดได้				
		เร็วขึ้นกว่าการเข้าทำ				
		ปฏิกิริยาของสารตั้ง				
		ต้นที่มีสถานะเป็น				
		ของแข็งแต่มีพื้นที่ผิว				
		น้อย และในสภาวะที่				
		อุณหภูมิสูง อุณหภูมิ				
		สารจะมีพลังงาน				
		จลน์สูงและเคลื่อนที่				
		ได้รวดเร็วกว่า				
		สภาวะที่อุณหภูมิต่ำ				
สอบปรายภาค					3	16
รวม					15	100

## 2.3 รูปแบบการสอนแบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)

### 2.3.1 ทำไมต้องสะเต็มศึกษา

ในสังคมโลกในขณะนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วด้วยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการสื่อสาร ก่อให้เกิดปรากฏการณ์ที่มีข้อมูลข่าวสารจำนวนมากมหาศาลอยู่ในแหล่งต่าง ๆ รวมถึงการที่ต้องแข่งขันกันเพื่อ ประโยชน์ทางเศรษฐกิจการค้าทำให้ทุกประเทศต้องเร่งพัฒนาประชากรของตนให้มีคุณภาพสูงขึ้น เพื่อให้สามารถดำรงชีวิตและแข่งขันในตลาดแรงงานกับนานาอารยะประเทศได้ เพราะฉะนั้นจึงต้องมีการปรับหลักสูตร โดย บูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีและกระบวนการทางวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาในชีวิต

จริงและการประกอบอาชีพในอนาคต ส่วนของผู้สอนและผู้เรียนก็ต้องมีปรับเปลี่ยนตนเองให้มีทักษะที่จำเป็นในการเป็นผู้สอนและผู้เรียนสำหรับการจัดการศึกษาในศตวรรษที่ 21 (สสวท., 2558, น.1)

### 2.3.2 สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21

การมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 โดยเน้นจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา จะช่วย พัฒนาทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ได้เป็นอย่างดี ยกตัวอย่างทักษะการเรียนรู้ตามกรอบแนวคิดของมาตรฐานในการเรียนรู้ (21<sup>st</sup> Century Standards) ประกอบด้วย ทักษะในการหาความรู้ด้วยตนเอง ทักษะการทำงานร่วมกัน ทักษะการคิดวิเคราะห์/แก้ปัญหา ทักษะการพัฒนานวัตกรรม ทักษะการใช้ชีวิตที่มีค่า จะเห็นได้ว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ในรูปแบบโครงการ หรือการพัฒนานวัตกรรมที่กล่าวถึงข้างต้นนั้นสามารถสร้างเสริมทักษะเหล่านี้ได้มาก อย่างไรก็ตามในบริบทของโรงเรียนทั่วไป ครูอาจไม่สามารถให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการทำโครงการ หรือการพัฒนานวัตกรรมเท่านั้น ดังนั้นในบทเรียนอื่น ๆ ถ้าครูมุ่งเน้นทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ในทุกโอกาสที่เอื้ออำนวย เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ทำงานร่วมกัน เรียนรู้การหาที่ดี ฝึกคิดวิเคราะห์ หาที่ชมหรือเสนอวิธีการใหม่ ฝึกคิดเชิงสร้างสรรค์ ก็นับว่าครูจัดการเรียนการสอนเข้าใกล้แนวคิดสะเต็มศึกษามากขึ้น ซึ่งเป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ (สสวท., 2558, น.3)

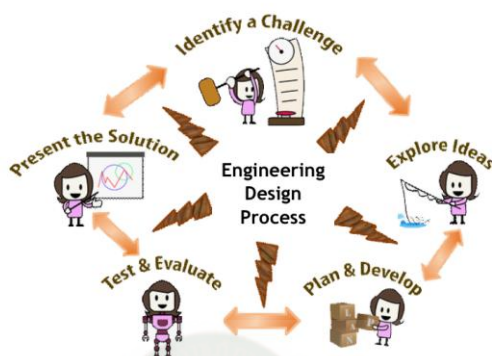
### 2.3.3 สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม

จุดเด่นที่ชัดเจนข้อหนึ่งของการจัดการเรียนการเรียนรู้แบบสะเต็ม คือ การผนวกแนวคิดการออกแบบ เชิงวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ของผู้เรียน กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียน ทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้อง มีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม (NRC, 2012) กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบ 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ 1) การระบุปัญหา (Identify a Challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่เป็นปัญหาในชีวิตประจำวัน และจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Innovation) เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) คือ การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี และ ข้อด้อยและความเหมาะสมเพื่อเลือกแนวคิดหรือวิธีการที่เหมาะสมที่สุด 3) การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ผู้แก้ปัญหาต้องกำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงานรวมทั้งกำหนดเป้าหมาย และระยะเวลาในการดำเนินการให้ชัดเจนรวมถึงออกแบบและพัฒนาต้นแบบ (Proto Type)

ของผลผลิตเพื่อใช้ในการทดสอบแนวคิดที่ใช้ในการแก้ปัญหา 4) การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) เป็นขั้นตอนทดสอบและประเมินการใช้ งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้จะถูกนำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการ แก้ปัญหามากขึ้น 5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและ ประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้วผู้แก้ปัญหาต้องนำเสนอผลลัพธ์ต่อ สาธารณชน โดยต้อง ออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ (สสวท., 2558, น. 38)

เพื่อให้เห็นรายละเอียดที่ชัดเจนขึ้นของแต่ละองค์ประกอบของกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมลอง พิจารณาตัวอย่างกระบวนการออกแบบห้องทำความเย็นดังนี้ 1) การระบุปัญหา (Identify a Challenge) ในสภาพอากาศที่ร้อนอบอ้าว มีความจำเป็นต้องเก็บผักผลไม้ในที่อุณหภูมิ ต่ำเพื่อคงความสดใหม่ จึงเกิดคำถามว่า ทำอย่างไร จึงจะสร้างตู้หรือห้องที่คงอุณหภูมิให้ต่ำอยู่เสมอ แม้อุณหภูมิภายนอกจะสูงก็ตาม 2) การค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง (Explore Ideas) การค้นพบทาง วิทยาศาสตร์ได้อธิบายว่า 2.1) สสาร โดยทั่วไปมีการคลายความร้อนเมื่อเปลี่ยน สถานะจากไอ กลายเป็นของเหลว และมีการดูดความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ และ 2.2) สสาร ในสถานะไอสามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความดันที่สูงขึ้น และเปลี่ยนกลับเป็นไอได้ เมื่อลดความดันลง จึง ได้แนวคิดว่าหากนำสารที่เปลี่ยนสถานะได้ง่ายและมีคุณสมบัติการถ่ายเท ความร้อนได้ดีมาทำให้เปลี่ยนสถานะจาก ของเหลวเป็นไอภายในตู้และเปลี่ยนสถานะกลับเป็น ของเหลวภายนอกตู้ก็จะเกิดการถ่ายเทอุณหภูมิจากภายในตู้ ออกไปนอกตู้ก็ได้ ในที่นี้เทคโนโลยี ด้านเครื่องจักรกลทางไฟฟ้า (หรือมอเตอร์) สามารถนำมาประยุกต์เป็นเครื่องอัดแรงดันให้สาร เปลี่ยนสภาพจากไอเป็นของเหลวได้ และเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงที่สุดในการถ่ายเทพลังงาน ความ ร้อน ควรมีการนำเอาสารหลายๆชนิดมาทดลองเปรียบเทียบอัตราการดูดและคลายความร้อน และพลังงานที่ต้องใช้ ในการทำให้สารนั้นๆเปลี่ยนสถานะมา 3) การทดสอบและประเมินผล (Test and Evaluate) ออกแบบอุปกรณ์ ต้นแบบที่กักเก็บสารทำความเย็นไว้ในระบบปิด โดยทำให้เกิดการ ระเหยกลายเป็นไอภายในห้องที่ต้องการทำความ เย็นและควบแน่นกลับเป็นของเหลวภายนอกห้อง เพื่อประเมินประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการใช้งานก่อนนำไป พัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ 4) การวางแผนและพัฒนา (Plan and Develop) ออกแบบกระบวนการสร้างผลิตภัณฑ์ที่ใช้ ต้นทุนต่ำแต่ได้ สมรรถภาพที่ต้องการ โดยการเลือกสรรวัสดุดิบและชิ้นส่วนที่เหมาะสม กำหนดปริมาณสารที่ต้อง ใช้ รวมถึงขนาดของมอเตอร์ที่ใช้ทำอุปกรณ์อัดแรงดันด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อให้การ ถ่ายเทความร้อน เหมาะสมกับขนาดของห้องที่ต้องการทำความเย็น 5) การนำเสนอผลลัพธ์ (Present the Solution) นำกระบวนการออกแบบที่ได้นำเสนอต่อผู้ที่สนใจหรือผู้ให้ทุนสนับสนุนเพื่อให้เกิด การผลิตในปริมาณมากและใช้งานในวงกว้างต่อไป (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2557, น.2-4)

จากตัวอย่างจะเห็นได้ว่า กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมไม่จำเป็นต้องเกิดขึ้นตามลำดับ โดยการ ทดสอบและประเมินผลสามารถทำได้ในระหว่างการวางแผนและพัฒนาเช่นกัน หรือถ้าหากผลลัพธ์ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่ ยอมรับได้ไม่ว่าจะเป็นเรื่องต้นทุนหรือประสิทธิภาพอุปกรณ์ก็อาจจำเป็นต้องย้อนกลับไปค้นหาแนวคิดอื่นขึ้นมาใหม่ ดังแสดง ภาพที่ 2.1



**ภาพที่ 2.1** สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรม. ออกแบบปรับปรุงจาก สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์ (38), โดย ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2557, กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

ดังนั้น สิ่งสำคัญประการหนึ่งในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ ความเข้าใจ และฝึกทักษะ ด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ผู้เรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มา ออกแบบวิธีการหรือกระบวนการ เพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับ ชีวิตประจำวัน เพื่อให้ได้เทคโนโลยีซึ่งเป็นผลผลิตจาก กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม จะทำให้นักเรียน ได้มีโอกาสนำความรู้ในชั้นเรียนมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหา ให้บังเกิดผลเป็นรูปธรรมอย่างแท้จริง (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2557, น.4)

#### 2.3.4 ประโยชน์จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา

เป็นการส่งเสริมการเรียนรู้ผ่านกิจกรรมหรือ โครงการที่มุ่งแก้ไขปัญหที่พบเห็นในชีวิตจริง เพื่อสร้างเสริมประสบการณ์ ทักษะชีวิต ความคิดสร้างสรรค์ นำไปสู่การสร้างนวัตกรรม ผู้เรียนที่มีประสบการณ์ในการทำกิจกรรมหรือ โครงการสะเต็มศึกษาจะมีความพร้อมที่จะไปปฏิบัติงานที่ต้องใช้องค์ความรู้และทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีในภาคการผลิต และการบริการที่สำคัญต่ออนาคตของประเทศ ซึ่งประโยชน์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558, น.5) มีดังต่อไปนี้

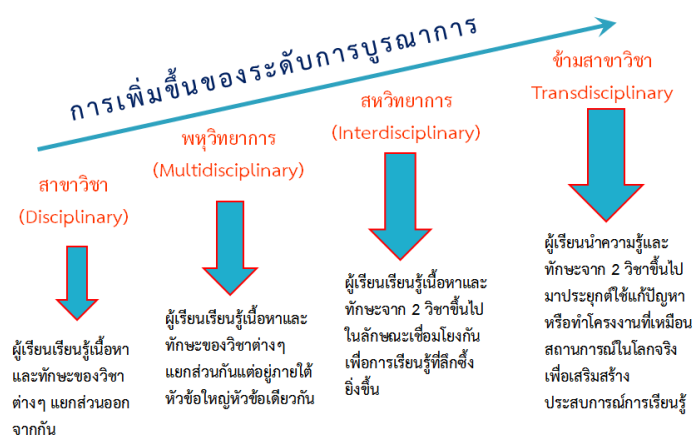
- 2.3.4.1 ผู้เรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์ และสร้างนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่ใช้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และกระบวนการทางวิศวกรรม เป็นฐาน
- 2.3.4.2 ผู้เรียนเข้าใจและสนใจการประกอบอาชีพด้านสะเต็มศึกษามากขึ้น
- 2.3.4.3 ผู้เรียนเข้าใจสาระวิชา และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มากขึ้น
- 2.3.4.4 หน่วยงานภาครัฐและเอกชนมีส่วนร่วมสนับสนุนการจัดกิจกรรมของครูและบุคลากรทางการศึกษา
- 2.3.4.5 ส่งเสริมการจัดการเรียนรู้และเชื่อมโยงระหว่าง 8 กลุ่มสาระวิชา
- 2.3.4.6 สร้างกำลังคนด้านสะเต็มศึกษาของประเทศไทย เพื่อเพิ่มศักยภาพทางเศรษฐกิจ

### 2.3.5 แนวทางการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา

จุดเด่นอีกข้อหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางสะเต็มศึกษา คือ การบูรณาการเพื่อช่วยนักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชาทั้ง 4 สาขาวิชา กับชีวิตประจำวันและการประกอบอาชีพ ทั้งนี้ระดับการบูรณาการที่อาจเกิดขึ้นในชั้นเรียนสะเต็มศึกษา สามารถแบ่งได้เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) การบูรณาการภายในวิชา (Disciplinary Integration) 2) การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ (Multidisciplinary Integration) 3) การบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary Integration) 4) การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา (Trans Disciplinary Integration) ดังแสดงในภาพ ที่ 2.2

#### 2.3.5.1 การบูรณาการภายในวิชา

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียน ได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน การจัดการเรียนรู้แบบนี้ คือ การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีที่เป็นอยู่ทั่วไปที่ครูผู้สอนแต่ละ วิชาต่างจัดการเรียนรู้ให้แก่ นักเรียนตามรายวิชาของตนเอง (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558, น.4)



ภาพที่ 2.2 แผนภาพระดับของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ. *ปรับปรุงจาก* STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics โดย Vasquez, J. A., Snelder, C. and Comer, M., 2013 (1), Portsmouth, NH: Heinemann.

### 2.3.5.2 การบูรณาการแบบพหุวิทยาการ

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของวิชาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์แยกกัน โดยมีหัวข้อหลัก (Theme) ที่ครูทุกวิชา กำหนดร่วมกันและมีการอ้างอิงถึง ความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้นๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชานั้น ๆ การจัดการเรียนรู้แบบนี้ช่วยให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงของเนื้อหาวิชาต่าง ๆ กับสิ่งที่อยู่รอบตัว เช่น ถ้าครูผู้สอนแต่ละวิชากำหนดร่วมกันว่าจะใช้กระติบข้าวเป็นหัวข้อหลักในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี ครูผู้สอนเทคโนโลยีสามารถเริ่มแนะนำกระติบข้าวได้ว่า กระติบข้าวจัดเป็นเทคโนโลยีอย่างง่ายที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกหรือตอบสนองความต้องการที่จะเก็บความร้อนของข้าว ในขณะที่ครูวิทยาศาสตร์ ยกตัวอย่างกระติบข้าวเพื่อสอนเรื่องการถ่ายโอนความร้อน ครูคณิตศาสตร์สามารถใช้กระติบข้าวสอนเรื่องรูปทรงและให้นักเรียนหาพื้นที่ผิวและปริมาตรของกระติบข้าวได้ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558, น.4)

### 2.3.5.3 การบูรณาการแบบสหวิทยาการ

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะอย่างน้อย 2 วิชาร่วมกัน โดยกิจกรรมมีการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของทุกวิชาเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องกัน ในการจัดการเรียนรู้แบบนี้ครูผู้สอน ในวิชาที่เกี่ยวข้องต้องทำงานร่วมกัน โดยพิจารณาเนื้อหาหรือตัวชี้วัดที่ตรงกันและออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้ใน รายวิชาของตนเองโดยให้เชื่อมโยงกับวิชาอื่นผ่านเนื้อหาหรือตัวชี้วัดนั้น เช่น ในวิชาวิทยาศาสตร์ หลังจากการเรียนรู้ เรื่องการถ่ายโอนความร้อน

และถนัดกันความรื้อน ครูกำหนดให้นักเรียนทำการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บความ รื้อนของกระดืบข้าว โดยขอให้ครูกณิศาสตร์สอนเรื่องการทำพื้นที่และปริมาตรของรูปทรงต่าง ๆ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำการทดลองและเก็บข้อมูลเรียบรื้อยแล้ว ให้นำข้อมูลจากการทดลองไป สร้าง กราฟและตีความผลการทดลองในวิชาคณิตศาสตร์ (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558, น.5)

#### 2.3.5.4 การบูรณาการแบบข้ามสาขาวิชา

เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยนักเรียนเชื่อมโยงความรู้และทักษะที่เรียนรู้จาก วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ กับชีวิตจริง โดยให้นักเรียนประยุกต์ ความรู้และทักษะเหล่านั้นในการแก้ปัญหาที่ เกิดขึ้นจริงในชุมชนหรือสังคม และสร้าง ประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง ครูผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามความสนใจหรือปัญหาของ นักเรียน โดยครูกำหนดกรอบหรือหัวข้อหลักของปัญหากว้างๆแล้วให้นักเรียนระบุปัญหาที่ เฉพาะเจาะจงและวิธีการแก้ปัญหา ทั้งนี้ ในการกำหนดกรอบของปัญหาให้นักเรียนศึกษานั้น ครู ต้องคำนึงถึง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ของนักเรียน 3 ปัจจัย ได้แก่ 1) ปัญหาหรือคำถามที่ นักเรียนสนใจ 2) ตัวชี้วัดในวิชาต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง 3) ความรู้เดิมของนักเรียน (ศูนย์สะเต็มศึกษา แห่งชาติ, 2558, น. 5)

การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน หรือโครงการเป็นฐาน (Problem/Project-Based Learning) เป็นกลยุทธ์ในการจัดการเรียนรู้ (Instructional Strategies) ที่มีแนวทางใกล้เคียง กับแนวทางการบูรณาการแบบนี้ หากพิจารณาใช้กระดืบข้าวเป็นหัวข้อหลักในการเรียนรู้สะเต็ม ศึกษา ครูสามารถจัดการเรียนรู้บูรณาการแบบข้าม สาขาวิชาโดยกำหนดกรอบปัญหาหรือ สถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา เช่น การใช้กระดืบข้าวในร้านอาหารที่มักมีการบรรจุข้าวใน ถุงพลาสติกก่อนบรรจุลงในกระดืบข้าว เพื่อป้องกันข้าวเหนียวติดค้างที่กระดืบซึ่งจะมีผลทำให้ทำ ความสะอาดยากและผู้เรียนต้องออกแบบกระดืบข้าวหรือวิธีการที่จะทำให้กระดืบข้าวมีคุณสมบัติ ลดการติดของข้าวเหนียวเพื่อลดการใช้ถุงพลาสติกหลังจากที่ผู้สอนนำเสนอปัญหาดังกล่าวแล้ว ผู้เรียนต้องกำหนดแนวทางในการแก้ปัญหาโดยใช้แนวคิดและทักษะทางวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2558) ตัวอย่าง สะเต็มในชีวิตประจำวัน : ปัญหากระดืบข้าว





ภาพที่ 2.3 แผนผังกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม. ปรับปรุงจาก ผลการ ประเมิน PISA การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร, โดย สถาบันส่งเสริมการสอน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557, กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

#### 2.3.5.5 ขั้นตอนการสอนตามรูปตามแนวทางสะเต็มศึกษา

1) ขั้นตอนการจัด “กิจกรรมสะเต็ม” โดยที่ การจัด “กิจกรรมสะเต็ม” เป็น กระบวนการฝึก การแก้ปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน โดยใช้พื้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ เทคโนโลยีที่มีอยู่ และ วิธีการทางวิศวกรรม จึงขอเสนอ 4 ส่วน ดังนี้

##### ส่วนที่ 1: กระบวนการแก้ปัญหา

1. ขั้นตระหนักในปัญหาและความจำเป็น
2. ขั้นคิด วิเคราะห์อย่างรอบคอบความจำเป็น
3. ขั้นสร้างทางเลือกอย่างหลากหลาย
4. ขั้นประเมินและเลือกทางเลือกที่เหมาะสม
5. ขั้นวางแผนกำหนดขั้นตอนลำดับ ได้อย่าง ได้อย่างเหมาะสม
6. ขั้นปฏิบัติได้อย่างชื่นชม
7. ขั้นประเมินด้วยตนเองระหว่างปฏิบัติ
8. ขั้นตอนปรับปรุงให้ดีขึ้นอยู่เสมอ
9. ขั้นประเมินผลเพื่อความภูมิใจ

##### ส่วนที่ 2 : กระบวนการวิศวกรรม

## ตารางที่ 2.2

### กระบวนการวิศวกรรม

ขั้นตอน	คำอธิบายโดยย่อ
1. วิเคราะห์ความต้องการ	(การออกแบบต้องเติมเต็มความต้องการของผู้ใช้ ต้องแยกแยะผู้ใช้ บุคคล กลุ่มบุคคล ลักษณะเฉพาะของบุคคล กลุ่มบุคคล เช่น เพศ วัย)
2. นิยามปัญหา	กำหนดโจทย์ที่ประกอบด้วย เป้าหมาย วัตถุประสงค์ และข้อจำกัดโดยตอบคำถามว่า “ทำอย่างไรให้ได้ตามความต้องการ” หรือ “อธิบายโดยย่อถึงสิ่งที่จะต้องทำให้ได้ เพื่อตอบสนองความต้องการ” ตั้งวัตถุประสงค์ ความคาดหวังที่ชี้วัดได้ ระบุข้อกำหนดบางอย่างของผลผลิต ข้อจำกัด ระบุถึงข้อจำกัดที่มีอยู่ ระบุถึงข้อกำหนดที่ขึ้นงานอนุญาตให้มีได้ ระบุข้อกำหนดหรือมาตรฐานที่ต้องปฏิบัติตาม
3. การวางแผนงาน	สร้างแผนงาน ระบุระยะเวลาดำเนินงานและเนื้องาน ระบุผลผลิตที่ต้องส่งมอบในแต่ละช่วงเวลา งบประมาณที่ใช้ เครื่องมือช่วยสร้างแผนงาน
4. การเก็บข้อมูล	เก็บข้อมูล แหล่งความรู้/ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ ลักษณะอย่างไร วารสาร หนังสือ คู่มือ สารานุกรม รายงาน หาอย่างไร การสืบค้น การอ่าน การเข้าฟัง การประชุม หาที่ไหน ห้องสมุด อินเทอร์เน็ต
5. สร้างแนวคิดที่เป็นไปได้	หาคำตอบที่เป็นไปได้แรกเริ่ม สร้างข้อเพื่อเลือกการออกแบบกว้างๆ ไว้ (ต้องการความคิดสร้างสรรค์อย่างมาก)
6. ประเมินแนวคิด	ประเมินว่าขอบเขตแนวคิดนั้นตอบสนองความต้องการ ประเมินลักษณะสมบัติเชิงสมรรถนะของแต่ละแนวทางการออกแบบ ทำอย่างไร? สร้างโมเดลคณิตศาสตร์ สร้างต้นแบบ ในงานจริงอาจต้องประมาณการค่าใช้จ่ายการผลิต ความน่าจะเป็นของระยะใช้งานก่อนชำรุด
7. เลือกวิธีที่เหมาะสม	ตัดสินใจเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุดจากข้อเลือกที่มีอยู่ ต้องกำหนดเกณฑ์การเลือกตามสภาพแวดล้อม เน้นให้ตอบสนองผู้ใช้
8. สื่อสารระหว่างการออกแบบ	จัดทำข้อเสนอ งานเขียน นำเสนองานออกแบบ งานพูด
9. ปฏิบัติให้เห็นผลจริง	แปลงงานออกแบบไปสู่ชิ้นงานจริง สร้าง ทดสอบ สร้างแล้วต้องทดสอบให้เห็นจริงว่าทำงานได้ เลือกวิธีทดสอบมาตรฐาน สร้างวิธีทดสอบใหม่ วิธีการหรือข้อมูลที่ใช้ทดสอบ ซึ่งผลการทดสอบที่แสดงว่าชิ้นงานทำงานได้ตามกำหนด ชิ้นงานทำงานได้ โดยไม่มีปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ

### ส่วนที่ 3 : ขั้นตอนจัดการเรียนรู้ “กิจกรรมสะเต็ม”

ขั้นที่ 1 ระบุปัญหา

ขั้นที่ 2 รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 3 ออกแบบวิธีการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 4 วางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา

ขั้นที่ 5 ทดสอบ ประเมินผล และปรับปรุงแก้ไขวิธีการ

แก้ปัญหาหรือชิ้นงาน

ขั้นที่ 6-นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหาหรือ ชิ้นงาน

### ส่วนที่ 4 : แนวการจัดการกิจกรรมสะเต็มศึกษา

ให้มีขั้นตอนการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้ 6 ขั้นตอน ตามแนวทางของคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรสะเต็มที่ได้รับการแต่งตั้งจากกระทรวงศึกษาธิการ

#### ตารางที่ 2.3

##### แนวการจัดการกิจกรรมสะเต็มศึกษา

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
1. ขั้นระบุปัญหา	<p>1.1 การทำให้นักเรียนมองเห็นปัญหา ขั้นนี้ ครูต้องจัดหาหรือยกสถานการณ์ เช่น การสนทนาโดยใช้ประเด็นจากข่าว การเล่าเหตุการณ์ การฉายวิดีโอ ฯลฯ เพื่อให้ให้นักเรียนเห็นภาพของสภาพจริงในชีวิตประจำวัน ที่มีอุปสรรคต่อความสำเร็จที่ต้องการ หรือเห็นภาพที่ทำให้เกิดการกระตุ้นให้คิดว่า ควรจะสร้างหรือมีนวัตกรรมที่จะช่วยให้การดำเนินการหรือการทำงานหรือคุณภาพชีวิตดีขึ้น และ ท้ายสุดให้นักเรียนเล่าหรือบอกเรื่องราวในชีวิตจริงของนักเรียน อาชีพของผู้ปกครอง หรือครอบครัว หรือชุมชนของนักเรียน ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับประเด็นจากข่าว การเล่าเหตุการณ์ การฉายวิดีโอ ฯลฯ ดังกล่าว</p> <p>1.2 การทำให้นักเรียนตระหนักถึงความสำคัญของปัญหา ขั้นนี้ ครูต้องทำให้นักเรียนเกิดความตระหนักถึงความสำคัญของปัญหา ซึ่งเกิดจากการเห็นคุณค่าของ “การรับรู้โดยการใส่ใจ” โดยครูต้องทำให้นักเรียนรับรู้ให้ได้ว่า จากสถานการณ์ที่นักเรียนได้บอกเล่ามานั้น มี “ปัญหาหรืออุปสรรคต่อเป้าหมาย” ที่ควรใส่ใจในการหาวิธีแก้ไข มิฉะนั้นจะส่งผลกระทบต่อในด้านลบ หรือใส่ใจที่จะ “สร้างหรือมีนวัตกรรม” อันเป็นการพัฒนา ซึ่งจะทำให้เกิดผลกระทบในด้านบวก</p>

(ต่อ)

## ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
1. ชั้นระบุ ปัญหา	1.3 การทำให้นักเรียนสามารถ “ระบุปัญหา” จากสถานการณ์ได้ตรงประเด็น ชั้นนี้ ครูต้องทำให้นักเรียนมีความสามารถในการระบุปัญหา ซึ่งการระบุปัญหาที่ดี นั้น ต้องสื่อสารให้เห็นเป้าหมายในการแก้ปัญหาอย่างชัดเจน และวิธีการทำใ นักเรียนระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้ตรงประเด็นที่สุด คือให้นักเรียนซึ่งเป็น สมาชิกของกลุ่มระดมความคิด “ต้นตอที่ทำให้เกิดสถานการณ์ที่มีปัญหาแฝงอยู่” ให้มากที่สุด จากนั้นนำผลที่เกิดจากสถานการณ์ทั้งหมดมาสรุปให้เคลมลง
2. ชั้นรวบรวม ข้อมูลและ แนวคิดที่ เกี่ยวข้อง	2.1 การฝึกให้นักเรียน “วิเคราะห์ปัญหา และทำความเข้าใจสภาพแวดล้อมหรือบริบท ของปัญหา” ชั้นนี้ ครูต้องพยายามให้นักเรียนแยกแยะปัญหาว่าปัญหานั้นมีองค์ประกอบย่อย ๆ อะไรบ้าง เกิดจากอะไร ประกอบขึ้นมาได้อย่างไรและมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กัน อย่างไร และให้นักเรียนอภิปรายเพื่อระบุให้ได้ว่า 1) “เป้าหมายของการแก้ปัญหา คืออะไร 2) “ความต้องการของผู้รับประโยชน์จากการแก้ปัญหา” มีอะไรบ้าง 3) “เงื่อนไข หรือข้อจำกัด หรือเกณฑ์ที่เป็นบริบทของปัญหา” มีอะไรบ้าง 2.2 การฝึกให้นักเรียน “รวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง” ชั้นนี้ ครูให้นักเรียนค้นคว้าหรือหาคำอธิบายในสิ่งที่นักเรียนได้แยกแยะมาแล้วแต่ยังไม่ มีความชัดเจน โดยให้ค้นคว้า ข้อมูลที่เกี่ยวข้องและเกี่ยวกับปัญหาที่สนใจว่า ใน สภาพแวดล้อมหรือบริบทเหมือนกันหรือคล้ายกันกับปัญหาในชีวิตจริงของนักเรียน มีการศึกษาหรือแก้ไขมาบ้างหรือไม่ ทำอย่างไร และได้ผลอย่างไร ค้นคว้าจากแหล่ง เรียนรู้ใด ด้วยวิธีใด ซึ่งในการรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้อง ในบางครั้งอาจ จำเป็นต้องเชิญผู้รู้หรือผู้ทรงคุณวุฒิภายนอกมาคุยกับนักเรียน หรือนำนักเรียน ไป ศึกษาเรียนรู้นอกสถานที่
3. ชั้นออกแบบ วิธีการ แก้ปัญหา	3.1 ฝึกให้นักเรียนมีความรอบคอบในการออกแบบวิธีแก้ปัญหา ชั้นนี้ ครูต้องดำเนินการให้นักเรียนเห็นความสำคัญของความรอบคอบในการการ ออกแบบวิธีแก้ปัญหา โดยเน้นว่าการจะทำให้ได้ “เป้าหมายของการแก้ปัญหา” นั้น ต้องคำนึงถึงความต้องการของผู้รับประโยชน์จากการแก้ปัญหา เงื่อนไข หรือ ข้อจำกัด หรือเกณฑ์ที่เป็นบริบทของปัญหา ซึ่งจะนำไปผลิตผลจากการแก้ปัญหา เป็นที่ยอมรับ

(ต่อ)

### ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
	<p>3.2 ฝึกให้นักเรียนสร้างทางเลือกวิธีแก้ปัญหา</p> <p>ขั้นนี้ ครูต้องทำให้นักเรียนเอาเป้าหมายเป็นตัวตั้ง แล้วระดมสมองให้ได้ “วิธีการเพื่อให้ถึงเป้าหมาย” ให้มากที่สุด ซึ่งบางวิธีอาจมีความเป็นไปได้ยาก แต่ครูไม่ควรริบคว่นตัดทิ้ง เนื่องจากวิธีคิดที่เป็นไปไม่ได้ อาจทำให้เกิดวิธีคิดใหม่ที่เป็นไปได้หรืออาจปรับให้มีความเป็นไปได้ในภายหลัง ประการสำคัญต้องเน้นย้ำกับนักเรียนว่าแต่ละวิธีแก้ปัญหาจะต้องอาศัยพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจมีเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องมาร่วมด้วยก็ได้ จากนั้น นำมาออกแบบเป็น“ร่างแนวคิด”ของแต่ละวิธี แล้วประเมินในท้ายที่สุดว่าควรเลือกเลือกวิธีแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้ และดีที่สุดเพื่อนำไปปฏิบัติจริง</p>
4. ขั้นวางแผนและดำเนินการแก้ปัญหา	<p>4.1 ฝึกให้นักเรียนเขียนแผนการปฏิบัติการ</p> <p>ขั้นนี้ เป็นการนำร่างแนวคิดที่ผ่านการเลือกแล้วว่าเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมที่สุดใน การจะนำไปปฏิบัติไปจัดทำรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการดำเนินงาน ระยะเวลาที่ต้องดำเนินงาน ความสามารถของแรงงาน ความเหมาะสมด้านเทคนิค ค่าใช้จ่าย และอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งขั้นตอนนี้ครูควรให้ความสนใจอย่างใกล้ชิดและซักถามนักเรียนอย่างละเอียดเพื่อให้ข้อเสนอแนะหรือป้องกันอุปสรรคที่อาจเกิดจากการวางแผนที่ไม่รอบคอบเหมาะสม และหลังการเขียนแผนปฏิบัติการ อาจต้องให้ครูอนุมัติแผนปฏิบัติการก่อนนำไปดำเนินการ เนื่องจากบางกิจกรรมอาจต้องอยู่ในความดูแลใกล้ชิดจากครูหรือผู้รู้เฉพาะด้าน</p> <p>4.2 ฝึกให้นักเรียนปฏิบัติงานตามแผนและรายงานความก้าวหน้าเป็นระยะ</p> <p>ขั้นนี้ เป็นการลงมือปฏิบัติจริงในการแก้ปัญหา ระหว่างการปฏิบัติครูควรให้นักเรียนบันทึกความสำเร็จตามแผน ปัญหาอุปสรรคและวิธีแก้ไข และควรกำหนดเวลาที่นักเรียนต้องรายงานสรุปให้ครูทราบความก้าวหน้าของการปฏิบัติงานเป็นระยะ ๆ ด้วย โดยกำชับนักเรียนว่าหากมีปัญหาหรืออุปสรรคหรือเหตุการณ์ที่จะต้องปรับแผน ต้องแจ้งให้ครูทราบก่อนดำเนินการทุกครั้ง</p>
5. ขั้นทดสอบประเมินผลและปรับปรุง	<p>5.1 ฝึกให้รู้จักวิธีการทดสอบ</p> <p>ขั้นนี้ ครูควรให้นักเรียนระดมความคิดว่า ในการทดสอบผลงาน ควรจะทดสอบด้วยวิธีใด และใครเป็นผู้ทดสอบ ระหว่างการทดสอบต้องอยู่ในการควบคุมดูแลหรือไม่ เพราะบางครั้งวิธีการทดสอบต้องคำนึงถึงความปลอดภัยซึ่งต้องอยู่ในการดูแลใกล้ชิดจากครูหรือผู้รู้เฉพาะด้าน</p>

(ต่อ)

### ตารางที่ 2.3 (ต่อ)

ขั้นตอน	แนวทางปฏิบัติ
	<p>5.2 ฝึกให้ผู้รู้จักประเมินผล</p> <p>ขั้นนี้ ครูควรให้นักเรียนประเมินโดยชี้ว่า ได้ผลงานเป็นรูปธรรมตามเป้าหมายหรือไม่ ผลงานนั้นมีคุณลักษณะเป็นไปตามความต้องการ และ ภายใต้งานที่ได้ออกมา กำหนดไว้แต่แรกหรือไม่ จากผลการประเมินมีสิ่งใดที่ต้องปรับปรุงหรือไม่</p>
	<p>5.3 ฝึกให้มีกระบวนการในการปรับปรุง</p> <p>ขั้นนี้ ครูต้องกำชับนักเรียนว่า หากจำเป็นต้องปรับปรุง จะต้องบันทึกสาเหตุของการปรับปรุง วิธีปรับปรุงต้องอยู่บนพื้นฐานของการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและวิธีการทางวิศวกรรมมาใช้ และขออนุมัติแผนการปรับปรุงต่อครูก่อนนำไปปรับปรุง</p>
6. ชี้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา ผลการแก้ปัญหา หรือผลการพัฒนา นวัตกรรม	<p>ขั้นนี้ ครูควรเสนอแนะให้นักเรียนนำเสนอ อย่างเป็นขั้นตอน ตั้งแต่สถานการณ์ปัญหา การระบุปัญหา การรวบรวมข้อมูล การออกแบบ การวางแผน การปฏิบัติงานเพื่อแก้ปัญหา การทดสอบ ผลการประเมิน การปรับปรุง โดยเฉพาะอย่างยิ่งขั้นตอนของการทำความเข้าใจปัญหาว่าอะไรคือเป้าหมาย อะไรคือความต้องการ อะไรเป็นข้อจำกัดของการสร้างงาน การรวบรวมข้อมูลทำให้เรียนรู้อะไร การออกแบบอยู่บนพื้นฐานของการใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์อย่างไร มีเทคโนโลยีอะไรที่ใช้ประโยชน์ในการสร้างงานนี้ เกิดปัญหาอุปสรรคระหว่างสร้างงานอย่างไร ปรับแก้ได้อย่างไร และผลลัพธ์สุดท้ายเป็นไปตามเป้าหมายและความต้องการหรือไม่ ประการสำคัญจะต้องให้นักเรียนลงข้อสรุปให้ผู้ฟังเห็นชัดเจนว่า วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และ เทคโนโลยี นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงได้</p>
การประเมินผล	<p>การประเมินผลกิจกรรมเพิ่มเติม ครูควรตั้งเป็นกติกาก่อน หรือ กำหนดหลักเกณฑ์การให้คะแนนอย่างชัดเจน ซึ่งอาจประกอบด้วย (1) การมองเห็นปัญหาและเป้าหมายของการแก้ปัญหา (2) การออกแบบเพื่อแก้ปัญหา บนพื้นฐานคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสม (3) การประเมินเพื่อคัดเลือกแบบหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่เหมาะสม (4) การจัดทำรายละเอียดของแบบหรือวิธีการเพื่อแก้ปัญหาที่คัดเลือกไว้ (5) การจัดทำแผนปฏิบัติงานและการดำเนินการตามแผน (6) การทดสอบการประเมิน และการปรับปรุงผลงาน (7) การนำเสนอ</p>

#### 2.3.5.5 แนวทางการวัดและประเมินผลเพิ่มเติมศึกษา

การวัดและประเมินผลในสภาพจริงผู้เรียนแสดงออกขณะทำกิจกรรมเพื่อการเรียนรู้ การสะท้อนถึง ความรู้ ความคิด เจตคติทางวิทยาศาสตร์และความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนซึ่งแนวทางการวัดและประเมินผลมีดังนี้ (สสวท., 2558, น. 18-19)

1) การประเมินจากสภาพจริง (Authentic Assessment) หมายถึง การประเมินความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนจากการแสดงออกการกระทำหรือผลงานเพื่อสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ในขณะที่ผู้เรียนแสดงออกในการปฏิบัติกิจกรรมหรือสร้างชิ้นงาน ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการคิดระดับสูง กระบวนการทำงานและความสามารถในการแก้ปัญหาหรือการแสวงหาความรู้ การประเมินจากสภาพจริงจะมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมีการประเมินหลาย ๆ ด้าน โดยใช้วิธีประเมินหลากหลายวิธีในสถานการณ์ต่างๆที่สอดคล้องกับชีวิตจริงและต้องประเมินอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มากพอที่จะสะท้อนถึงการพัฒนาและความสามารถที่แท้จริงของผู้เรียนได้

## 2) การวัดและประเมินผลด้านความสามารถ (Performance Assessment)

ความสามารถของผู้เรียนประเมินได้จากการแสดงออกโดยตรงจากการทำงานต่าง ๆ จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นของจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงและเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แก้ปัญหาจากสถานการณ์จริงหรือปฏิบัติจริงโดยประเมินจากกระบวนการทำงานกระบวนการคิด โดยเฉพาะความคิดขั้นสูงและผลงานที่ได้

ลักษณะสำคัญของการประเมินความสามารถ คือ กำหนดวัตถุประสงค์ของงานวิธีการทำงานผลสำเร็จของงาน มีคำสั่งควบคุมสถานการณ์ในการปฏิบัติงานและมีเกณฑ์การให้คะแนนที่ชัดเจน การประเมินความสามารถที่แสดงออกของผู้เรียนทำได้หลายแนวทางต่าง ๆ กัน ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม สถานการณ์ และความสนใจของผู้เรียน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

1. การมอบหมายงานให้ทำงานที่มอบให้ทำต้องมีความหมาย มีความสำคัญมีความสัมพันธ์กับหลักสูตร เนื้อหาวิชา และชีวิตจริงของผู้เรียน ผู้เรียนต้องใช้ความรู้หลายด้านในการปฏิบัติงานที่สามารถสะท้อนให้เห็นถึงกระบวนการทำงานและการใช้ความคิดอย่างลึกซึ้ง

2. การกำหนดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ หรือสิ่งประดิษฐ์ให้ผู้เรียนวิเคราะห์องค์ประกอบและกระบวนการทำงานและเสนอแนวทางเพื่อพัฒนาให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น

การประเมินผลด้านความสามารถ ประเมินได้ทั้งการแสดงออก กระบวนการทำงานและผลิตของงาน จะให้ความสำคัญต่อกระบวนการทำงาน กระบวนการคิด คุณภาพของงานมากกว่าผลสำเร็จของงาน

การมอบหมายชิ้นงานให้ผู้เรียน ควรจะประชุมปรึกษาหารือและทำความเข้าใจร่วมกันระหว่างครูและผู้เรียนในการวางแผนการปฏิบัติงาน เพื่อสะดวกในการดำเนินกิจกรรมของผู้เรียน และการติดตามความก้าวหน้าของครู

1. การกำหนดตัวอย่างงานให้และให้ผู้เรียนศึกษางานแล้วปฏิบัติตามขั้นตอนให้เหมือนหรือดีกว่า เช่น การทำสไลด์ถาวรศึกษาเนื้อเยื่อพืช การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เป็นต้น

2. การสร้างสถานการณ์จำลองสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน เมื่อกำหนดสถานการณ์แล้วให้ผู้เรียน ลงมือปฏิบัติ แก้ปัญหาหรือใช้ความคิดระดับสูงในการแก้ปัญหา

3. การทดสอบโดยใช้แบบทดสอบข้อเขียน การประเมินตามสภาพจริงจะลดความสำคัญของการทดสอบ เนื่องจากจะมีการใช้แบบทดสอบลดลง แต่อย่างไรก็ตามข้อสอบข้อเขียนก็ยังมีควมจำเป็น เนื่องจากใช้ความสามารถทางด้านความรู้ความเข้าใจในหลักการต่างๆ ได้ ดังนั้น ในการบวนการประเมินจึงยังคงใช้ แบบทดสอบข้อเขียนร่วมด้วยโดยจะลดบทบาทของแบบทดสอบที่วัดพฤติกรรม ด้านความรู้ ความจำ แต่จะมุ่งเน้นประเมินด้านความเข้าใจ การนำไปใช้ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการคิดระดับสูง แบบทดสอบในลักษณะนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ให้ผู้เรียนตอบและสถานการณ์ที่นำมาใช้ควรสัมพันธ์กับชีวิตจริงของผู้เรียน

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา ได้แก่

1. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนแนวคิด การจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการสะเต็มศึกษา คือ ทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ซึ่งเป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียนเชื่อว่าผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง จากการมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่นและสิ่งแวดล้อมอย่างกระตือรือร้น (กมลฉัตร กล่อมมิม และคณะ, 2557, น.129-139) กรอบแนวคิดของทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivist) ได้แก่ 1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยตนเองและนักเรียนแต่ละคนสร้างความรู้ด้วยวิธีการที่แตกต่างกันรวมทั้งอาจแตกต่างกับแนวทางของผู้สอน 2) ประสบการณ์เดิมของนักเรียนเป็นพื้นฐานที่สำคัญของการสร้างความรู้ใหม่และนักเรียนแต่ละคน มีความรู้และประสบการณ์เดิมที่แตกต่างกัน 3) การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การมีประสบการณ์ตรงและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกันของผู้เรียนมีส่วนช่วยในการสร้างความรู้ใหม่ 4) ครูมีบทบาทในการจัดบริบทการเรียนรู้ตั้งคำถามที่ท้าทายความสามารถ กระตุ้นสนับสนุนให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้และให้ความช่วยเหลือนักเรียนในทุก ๆ ด้าน

2. ทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม เป็นทฤษฎีที่ให้ความสำคัญกับตัวผู้เรียนจุดเน้นของการเรียนแบบมีส่วนร่วม คือ การให้นักเรียนมีส่วนร่วมทางด้านจิตใจ การได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะชีวิตต่าง ๆ การแสวงหาความรู้ การคิด การจัดการความรู้ การแสดงออก การสร้างความรู้ใหม่ และการทำงาน (จิราณี เมืองจันทร์, 2557, น.3) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม ได้แก่ 1) นักเรียนแต่ละคนมีส่วนร่วมทำให้เกิดการเรียนรู้ทั้งทางตรงและทางอ้อม อาศัยหลักการเรียนรู้เชิงประสบการณ์และการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพได้รับประสบการณ์ที่สัมพันธ์กับชีวิตจริง ได้รับการฝึกฝนทักษะการแสวงหา ทักษะการสร้างความรู้ใหม่ และทักษะการทำงานกลุ่ม 2) เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น ดัดสินใจ



เลือกบทเรียนที่ต้องการเรียนรู้ในลักษณะกลุ่มหรือศึกษาด้วยตนเอง นักเรียนจะร่วมกันจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทุกขั้นตอน ฝึกปฏิบัติการวางแผนการทำกิจกรรมการเรียนรู้ร่วมกันและทำรายงานผลการเรียนรู้ 3) นักเรียนได้รับผิชอบต่อการเรียนรู้ของตนเอง ได้ลงมือปฏิบัติทำกิจกรรมกลุ่ม ฝึกฝนทักษะการเรียนรู้ทักษะการบริหารจัดการ การเป็นผู้นำผู้ตามและที่สำคัญเป็นการเรียนรู้ที่มีความสัมพันธ์สอดคล้องกับชีวิตจริงของนักเรียน 4) ครูมีบทบาทกระตุ้นให้นักเรียนได้เล่าประสบการณ์ของตนเอง ผู้สอนอาจใช้ใบชี้แจงกำหนดกิจกรรม ของนักเรียน ในการนำเสนอประสบการณ์ ในกรณีที่นักเรียนไม่มีประสบการณ์ในเรื่องที่จะสอนหรือมีน้อยผู้สอนอาจจะยกกรณีตัวอย่างหรือสถานการณ์ก็ได้

3. ทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bruner เชื่อว่ามนุษย์เลือกจะรับรู้สิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตนเอง (Discovery Learning) (วารุณี หนองห้าง, 2553, น.35) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ของ Bruner ได้แก่ 1) ผู้สอนควรจัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนค้นพบการเรียนรู้ ด้วยตนเองซึ่งเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่ดี มีความหมายต่อผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี 2) ก่อนสอนผู้สอนต้องมีการวิเคราะห์และจัดโครงสร้างเนื้อหาสาระให้เหมาะสมกับการเรียนรู้ของผู้เรียน 3) ผู้สอนควรจัดความถี่ของเนื้อหาสาระ วิธีการสอนและกระบวนการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับขั้นพัฒนาการสติปัญญาของผู้เรียน ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี 4) ผู้สอนควรส่งเสริมให้ผู้เรียนได้คิดอย่างอิสระให้มาก เพื่อช่วยส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน 5) ผู้สอนสร้างแรงจูงใจภายในให้แก่ผู้เรียน 6) ผู้สอนควรสอนความคิดรวบยอดให้แก่ผู้เรียน

4. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Verbal Learning) เน้นความสำคัญ การเรียนรู้ที่มีความเข้าใจและความหมาย การเรียนรู้เกิดขึ้นเมื่อผู้เรียนได้เรียนรวมหรือเชื่อมโยง (Subsume) สิ่งที่ยังใหม่หรือข้อมูลใหม่ ซึ่งอาจจะเป็นความคิดรวบยอด (Concept) หรือความรู้ที่ได้รับใหม่ ในโครงสร้างสติปัญญาด้วยความรู้เดิมที่อยู่ในสองของผู้เรียนอยู่แล้ว (สุมาลี ชัยเจริญ, 2557, น.92) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ที่มีความหมาย (Meaningful Verbal Learning) ได้แก่

1) ผู้สอนควรมีการแนะนำบทเรียนก่อนการเรียนการสอนและก่อนที่จะสอนสิ่งใดใหม่มีการสำรวจความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนเสียก่อนว่ามีพอที่จะทำความเข้าใจ เรื่องที่จะเรียนใหม่หรือไม่ถ้ายังไม่มีต้องจัดให้ก่อนสอนเรื่องใหม่ 2) ผู้สอนควรสอนโดยไม่เน้นการท่องจำแต่สอนให้เกิดการสร้างเชื่อมโยงระหว่างความรู้ที่มีมาก่อนกับข้อมูลใหม่หรือความคิดรวบยอดใหม่ที่จะต้องเรียน 3) ผู้สอนควรใช้ Advance Organizer เป็นเทคนิคที่ช่วยให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างมีความหมายจากการสอนหรือการบรรยายของผู้สอน 4) ผู้สอนควรช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย โดยการจัดเรียงเรียงข้อมูลข่าวสาร ที่ต้องการให้เรียนรู้ออกเป็นหมวดหมู่ 5) ผู้สอนควรนำเสนอกรอบหลักการกว้าง ๆ ก่อนที่จะให้เรียนรู้ในเรื่องใหม่

5. ทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) เป็นการเรียนรู้ที่เกิดจากการสร้างพลังความรู้ในตนเองและด้วยตนเองของผู้เรียน หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความคิดและนำความคิดตนเองไปสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะทำให้เห็นความคิดนั้นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน (ทวีป แซ่ฉิน, 2556, น.11) กรอบแนวคิดของทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคชันนิสซึม (Constructionism) ได้แก่ 1) เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้เลือกตามความสนใจ จะทำให้ผู้เรียนมีแรงจูงใจในการคิดทำและการเรียนรู้ต่อไป 2) เป็นการจัดสภาพแวดล้อมแตกต่างกันจะเป็นประโยชน์ต่อการสร้างองค์ความรู้ เช่น ความถนัด ความสามารถและประสบการณ์แตกต่างกัน ซึ่งจะเอื้อให้มีการช่วยเหลือกันและกัน การสร้างสรรค์ผลงานและความรู้รวมทั้งพัฒนาทักษะทางสังคมด้วย 3) เป็นบรรยากาศที่มีความเป็นมิตรเป็นกันเองที่ทำให้ผู้เรียนรู้สึกอบอุ่น ปลอดภัย สบายใจ จะเอื้อให้การเรียนรู้เป็นไปอย่างมีความสุข

#### 2.3.5.5 เอกสารเกี่ยวกับการสอนแบบ STEM Education

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) คือ แนวทางจัดการศึกษาที่บูรณาการใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตและการทำงาน

มนตรี จุฬาวัดทนท (2556, น. 3) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) เป็นแนวทางใหม่ในการจัดการศึกษาสายวิชาวิทยาศาสตร์ที่เน้นการบูรณาการการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี โดยเริ่มตั้งแต่การศึกษาขั้นพื้นฐานจนถึงอุดมศึกษาอาชีวศึกษา และการศึกษาดลอดชีวิตเพื่อให้คนไทยมีความรู้และทักษะสำหรับสร้างสรรค์สิ่งใหม่สามารถประกอบวิชาชีพวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและมีคุณภาพชีวิตที่ดีในยุคประชาคมอาเซียน

พรทิพย์ ศิริภักทรชัย (2556, น. 50) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา” (STEM Education) คือ การสอนแบบบูรณาการข้ามกลุ่มสาระวิชา (Interdisciplinary Intergration) ระหว่างสาขาวิชาต่าง ๆ ได้แก่ วิชาวิทยาศาสตร์ (Science: S) เทคโนโลยี (Technology: T) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering: E) และคณิตศาสตร์ (Mathematics: M) โดยนำจุดเด่นของธรรมชาติตลอดจนวิธีการสอนของแต่ละสาขาวิชามาผสมผสานกันอย่างลงตัวเพื่อให้ผู้เรียนนำความรู้ทุกแขนงมาใช้ในการแก้ปัญหาการค้นคว้าและการพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ในสถานการณ์โลกปัจจุบันซึ่งอาศัยการจัดการเรียนรู้ที่ครูผู้สอนหลายสาขาร่วมมือกัน เพราะในการทำงานจริงหรือในชีวิตประจำวันนั้นต้องใช้ความรู้ในหลายด้านในการทำงานทั้งสิ้นไม่ได้แยกใช้ความรู้เป็นส่วน ๆ

อภิสิทธิ์ ชงไชย (2556, น. 15-18 ) อธิบายว่า “สะเต็มศึกษา”STEM Education เป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ที่มีให้นำวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) เข้าด้วยกัน โดยผ่านการแก้ปัญหาที่เชื่อมโยงกับชีวิตจริง

ดังนั้น “สะเต็มศึกษา”STEM Education คือรูปแบบวิทยาการการเรียนรู้แบบหนึ่งที่มีมุ่งเน้น ให้เกิดการบูรณาการในกลุ่มสาระวิชาวิทยาศาสตร์ (Science) เทคโนโลยี (Technology) วิศวกรรมศาสตร์ (Engineering) และคณิตศาสตร์ (Mathematics) มาผสมผสานกันอย่างลงตัว เพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นให้ผู้เรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ของตนไปสู่แนวทางในการแก้ปัญหาโดยมีกระบวนการคิดอย่างเป็นระบบ

## 2.4 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Learning Achievement)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นความสามารถในด้านต่าง ๆ ของนักเรียนซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนได้รับประสบการณ์จากกระบวนการเรียนรู้และการจัดการสอนของครู โดยครูต้องศึกษาแนวทางในการวัดและประเมินผล การสร้างเครื่องมือวัดให้มีคุณภาพนั้น เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นดัชนีประการหนึ่งที่สามารถบ่งบอกถึงคุณภาพของการศึกษา

### 2.4.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้นมิใช่ให้ความหมายไว้หลายประการดังต่อไปนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) ได้สรุปความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ว่าเป็นพฤติกรรมกรเรียนรู้ที่พึงประสงค์ ด้านสติปัญญาหรือความรู้ ความคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ยึดแนวทางของ Klopfer ในการประเมินผลการเรียนรู้ด้านสติปัญญาหรือด้านความรู้ ความคิด แบ่งได้ 4 ด้าน คือ ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ปราณี กองจินดา (2549, น. 42) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถหรือผลสำเร็จที่ได้รับจากกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมและประสบการณ์เรียนรู้ทางด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย และยังได้จำแนกผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ตามลักษณะของวัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนที่แตกต่างกัน

สมพร เชื้อพันธ์ (2547, น. 53) สรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ หมายถึงความสามารถ ความสำเร็จและสมรรถภาพด้านต่าง ๆ ของผู้เรียนที่ได้จากการเรียนรู้อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน การฝึกฝนหรือประสบการณ์ของแต่ละบุคคลซึ่งสามารถวัดได้จากการทดสอบด้วยวิธีการต่าง ๆ

Bloom (1976, p. 139) กล่าวว่า การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจะต้องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 3 ด้าน คือ

1. ด้านความรู้ความคิด (Cognitive Domain) พฤติกรรมด้านนี้เกี่ยวกับกระบวนการต่าง ๆ ทางด้านสติปัญญาและสมอง ประกอบด้วยพฤติกรรม 6 ด้าน ดังนี้

1.1 ด้านความรู้ความจำ หมายถึง ความสามารถระลึกถึงเรื่องราวประสบการณ์ที่ผ่านมา

1.2 ด้านความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจับใจความ การแปลความ การตีความ การขยายความของเรื่องได้

1.3 การนำไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้หรือหลักวิชาการที่ได้เรียนมาแล้ว ในการสร้างสถานการณ์จริง ๆ หรือสถานการณ์ที่คล้ายคลึงกัน

1.4 การวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวต่าง ๆ หรือวัตถุลิ่งของเพื่อต้องการค้นหาสาเหตุเบื้องต้น หาความสัมพันธ์ระหว่างใจความ ระหว่างส่วนรวมระหว่างตอนตลอดจนหาหลักการที่แฝงอยู่ในเรื่อง

1.5 การสังเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้มาจัดระบบใหม่เป็นเรื่องใหม่ที่ไมเหมือนเดิม มีความหมายและประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม

1.6 การประเมินค่า หมายถึง การวินิจฉัยคุณค่าของบุคคลเรื่องราววัสดุสิ่งของอย่างมีหลักเกณฑ์

2. ด้านความรู้สีก (Affective Domain) พฤติกรรมด้านนี้เกี่ยวข้องกับการเจริญเติบโต และพัฒนาการในด้านความสนใจ คุณค่าความซาบซึ้งและเจตคติต่าง ๆ ของนักเรียน

3. ด้านการปฏิบัติการ (Psycho – Motor Domain) พฤติกรรมด้านนี้เกี่ยวข้องกับการพัฒนาทักษะในการปฏิบัติและการดำเนินการ เช่น การทดลอง

ดังนั้น ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนจึงหมายถึง มวลความรู้ความสามารถทั้งหมดที่ได้รับมาจากการเรียนการสอน การฝึกปฏิบัติอบรมและรวมถึงประสบการณ์ทั้งในและนอกโรงเรียน ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยเครื่องมือวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อันจะส่งผลให้ทราบว่าผู้เรียนได้บรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้หรือผลการเรียนรู้ที่คาดหวังได้หรือไม่

#### 2.4.2 จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พวงรัตน์ ทวีรัตน์ (2530) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของการวัดผลสัมฤทธิ์ เป็นการตรวจสอบความสามารถของสมรรถภาพทางสมองของผู้เรียนว่าเรียนรู้แล้วได้รู้อะไรบ้างและมีความสามารถด้านใด มากน้อยเพียงใด เช่น พฤติกรรมด้านความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้การวิเคราะห์ การสังเคราะห์และการประเมินค่า มากน้อยอยู่ในระดับใด นั่นคือการวัดผลสัมฤทธิ์เป็นการตรวจสอบพฤติกรรมของผู้เรียนในด้านพุทธิพิสัยที่เป็นการวัด 2 องค์ประกอบ ตามจุดมุ่งหมายและลักษณะของวิชาที่เรียน ดังนี้

1. การวัดด้านการปฏิบัติ เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถทางการปฏิบัติโดยให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงให้เห็นผลงานปรากฏออกมา สามารถทำการสังเกตและวัดได้ เช่น วิชาศิลปะศึกษา พลศึกษา งานช่าง เป็นต้น การวัดแบบนี้จึงต้องวัดโดยใช้ข้อสอบภาคปฏิบัติ (Performance Test) ซึ่งเป็นการประเมินผลพิจารณาที่วิธีปฏิบัติ (Procedure) และผลงานที่ปฏิบัติ

2. การวัดด้านเนื้อหา เป็นการตรวจสอบความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเนื้อหาวิชา (Content) รวมถึงพฤติกรรมความสามารถในด้านต่างๆ อันเป็นผลมาจากการเรียนการสอน มีวิธีการสอบวัดได้ 2 ลักษณะ ดังนี้

2.1 การสอบปากเปล่า (Oral Test) การสอบแบบนี้มักกระทำเป็นรายบุคคลซึ่งเป็นการสอบที่ต้องการดูผลเฉพาะอย่าง เช่น การสอบอ่านฟังเสียง การสอบสัมภาษณ์ ที่ต้องการดูการใช้ถ้อยคำในการตอบคำถาม รวมทั้งการแสดงความคิดเห็นและบุคลิกภาพต่างๆ เช่น การสอบปริศยานิพนธ์ ที่ต้องการวัดความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่ทำ ตลอดจนแง่มุมต่าง ๆ การสอบปากเปล่าสามารถวัดได้ละเอียดลึกซึ้ง และคำถามก็สามารถเปลี่ยนแปลงหรือเพิ่มเติมได้ตามที่ต้องการ

2.2 การสอบแบบให้เขียนตอบ (Paper-Pencil Test or Written Test) เป็นการสอบวัดที่ให้ผู้สอบเขียนเป็นตัวหนังสือตอบ ที่มีรูปแบบการตอบอยู่ 2 แบบ คือ

2.2.1 แบบไม่จำกัดคำตอบ (Free Response Type) ได้แก่ การสอบวัดที่ใช้ข้อสอบแบบอัตนัย หรือความเรียง (Essay Test)

2.2.2 แบบจำกัดคำตอบ (Fixed Response Type) เป็นการสอบที่กำหนดของเขตของคำที่จะให้ตอบ หรือกำหนดคำตอบมาให้เลือก ซึ่งมีรูปแบบของคำถามคำตอบอยู่ 4 รูปแบบ ดังนี้

2.2.2.1 แบบเลือกทางใดทางหนึ่ง (Alternative)

2.2.2.2 แบบจับคู่ (Matching)

2.2.2.3 แบบเติมคำ (Completion)

2.2.2.4 แบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

### 2.4.3 ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2545, น. 96) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ และความสามารถทางวิชาการที่นักเรียนได้เรียนรู้มาแล้วว่า บรรลุผลสำเร็จตามจุดประสงค์ที่กำหนดไว้เพียงใด

สิริพร ทิพย์คง (2545, น. 193) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง ชุดคำถามที่มุ่งวัดพฤติกรรมการเรียนของนักเรียนว่ามีความรู้ ทักษะ และสมรรถภาพด้านสมองค์ด้าน ต่าง ๆ ในเรื่องที่เรียนรู้ไปแล้วมากน้อยเพียงใด

สมพร เชื้อพันธ์ (2547, น. 59) กล่าวว่า แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหมายถึง แบบทดสอบหรือชุดของข้อสอบที่ใช้วัดความสำเร็จหรือความสามารถในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ ของนักเรียนที่เป็นผลมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครูผู้สอนว่าผ่านจุดประสงค์การ เรียนรู้ที่ตั้งไว้เพียงใด

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ประเภทที่ครูสร้างมีหลายแบบ แต่ที่นิยมใช้มี 6 แบบดังนี้

1. อัตนัยหรือความเรียง (Subjective or Essay Test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม แล้วให้นักเรียนเขียนตอบอย่างเสรี เขียนบรรยายตามความรู้และเขียนข้อคิดเห็นของแต่ละคน
2. ข้อสอบแบบกาถูก-ผิด (True-false test) คือข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือกแต่ ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงกันข้าม เช่น ถูก-ผิด ใช่-ไม่ใช่ จริง-ไม่จริง เหมือนกัน-ต่างกัน เป็นต้น
3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion Test) เป็นข้อสอบที่ประกอบด้วยประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์แล้วให้ตอบเติมคำหรือประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้นเพื่อให้ มีใจความสมบูรณ์และถูกต้อง
4. ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ (Short Answer Test) เป็นข้อสอบที่คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ เขียนเป็นประโยคคำถามสมบูรณ์ (ข้อสอบเติมคำเป็น ประโยคหรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์) แล้วให้ผู้ตอบเขียนตอบ คำตอบที่ต้องการจะสั้นและกะทัดรัด ได้ใจความสมบูรณ์ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง
5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching Test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบชนิดหนึ่งโดยมีคำ หรือข้อความแยกออกจากกันเป็น 2 ชุด แล้วให้ผู้ตอบเลือกจับคู่ว่าแต่ละข้อความในชุดหนึ่งจะคู่กับ คำหรือข้อความใดในอีกชุดหนึ่งซึ่งมีความสัมพันธ์กันอย่างใดอย่างหนึ่งตามที่ผู้ออกข้อสอบกำหนดไว้

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) คำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถาม (Stem) กับตอนเลือก (Choice) ในตอนเลือกนั้นจะประกอบด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูกและตัวเลือกหลง ปกติจะมีคำถามที่กำหนดให้พิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องมากที่สุดเพียงตัวเลือกเดียวจากตัวเลือกอื่น ๆ และคำถามแบบเลือกตอบที่นิยมใช้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกัน

ดังนั้นในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จึงเป็นวิธีการวัดประเมินผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ซึ่งมีการสร้างแบบทดสอบหลากหลายได้แก่ ข้อสอบอัตนัยหรือความเรียงข้อสอบแบบกาถูกกาผิด ข้อสอบแบบเติมคำ ข้อสอบแบบตอบสั้น ๆ ข้อสอบแบบจับคู่ และข้อสอบแบบเลือกตอบ ในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ (Multiple Choice)

#### 2.4.4 หลักการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ

สมนึก ภักดิ์ทิษณิ (2551) ได้กล่าวถึงหลักในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแบบเลือกตอบ ดังนี้

2.4.4.1 เขียนตอนนำให้เป็นประโยคที่สมบูรณ์ แล้วใส่เครื่องหมายปริศน์ ไม่ควรสร้างตอนนำให้เป็นแบบอ่านต่อความ เพราะทำให้คำถามไม่กระชับ เกิดปัญหาสองแง่หรือข้อความไม่ต่อกันหรือเกิดความสับสนในการคิดหาคำตอบ

2.4.4.2 เน้นเรื่องจะถามให้ชัดเจนและตรงจุดไม่คลุมเครือ เพื่อว่าผู้อ่านจะไม่เข้าใจไขว้เขวสามารถมุ่งความคิดในคำตอบไปถูกทิศทาง

2.4.4.3 ควรถามในเรื่องที่มีคุณค่าต่อการวัด หรือถามในสิ่งที่ดีงามมีประโยชน์ คำถามแบบเลือกตอบสามารถถามพฤติกรรมในสมองได้หลาย ๆ ด้านไม่ใช่คำถามเฉพาะความจำหรือความจริงตามตำรา แต่ต้องถามให้คิดหรือนำความรู้ที่เรียนไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ได้

2.4.4.4 หลีกเลี่ยงคำปฏิเสธ ถ้าจำเป็นต้องใช้ก็ควรขีดเส้นใต้คำปฏิเสธ แต่คำปฏิเสธซ้อนไม่ควรใช้อย่างยิ่ง เพราะปกติผู้เรียนจะยุ่งยากต่อการแปลความหมายของคำถามและตอบคำถามที่ถามกลับ หรือปฏิเสธซ้อนผิดมากกว่าถูก

2.4.4.5 อย่าใช้คำฟุ่มเฟือย ควรถามปัญหาโดยตรง สิ่งใดไม่เกี่ยวข้องหรือไม่ได้ใช้เป็นเงื่อนไขในการคิดก็ไม่ต้องนำมาเขียนไว้ในคำถาม จะช่วยให้คำถามนั้นรัดกุม ชัดเจนขึ้น

2.4.4.6 เขียนตัวเลือกให้เป็นเอกพจน์ หมายถึง เขียนตัวเลือกทุกตัวให้เป็นลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือมีทิศทางแบบเดียวกัน หรือมีโครงสร้างสอดคล้องเป็นทำนองเดียวกัน

2.4.4.7 ควรเรียงลำดับตัวเลขในตัวเลือกว่าต่าง ๆ ได้แก่ คำตอบที่เป็นตัวเลข นิยมเรียงจากน้อยไปหามาก เพื่อช่วยให้ผู้ตอบพิจารณาคำตอบได้สะดวก ไม่หลง และป้องกันการเดาตัวเลือกที่มีค่ามาก

2.4.4.8 ใช้ตัวเลือกปลายเปิดหรือปลายปิดให้เหมาะสม ตัวเลือกปลายเปิด ได้แก่ตัวเลือกสุดท้ายใช้คำว่า ไม่มีคำตอบถูก ที่กล่าวมาทั้งหมด ผิดหมดทุกข้อ หรือสรุปแน่นอนไม่ได้ เป็นต้น

2.4.4.9 ข้อเดียวต้องมีคำตอบเดียว แต่บางครั้งผู้ออกข้อสอบคาดไม่ถึงว่าจะมีปัญหาหรืออาจจะเกิดจากการตั้งตัวหลงไม่รัดกุม จึงมองตัวหลงเหล่านั้นได้อีกแห่งหนึ่ง ทำให้เกิดปัญหาสองแห่งสองมุมได้

2.4.4.10 เขียนทั้งตัวถูกและตัวผิดให้ถูกหรือผิดตามหลักวิชา กล่าวคือ จะกำหนดตัวถูกหรือผิด เพราะสอดคล้องกับความเชื่อของโคลง คำพังเพยหรือขนบธรรมเนียมประเพณีเฉพาะท้องถิ่นมาอย่างไรก็ได้ ทั้งนี้เนื่องจากการเรียนมุ่งให้นักเรียนทราบความจริงตามหลักวิชาการเป็นสิ่งสำคัญ

2.4.4.11 เขียนตัวเลือกให้อิสระจากกัน พยายามอย่าให้ตัวเลือกใดตัวเลือกหนึ่งเป็นส่วนหนึ่งหรือเป็นส่วนประกอบของตัวเลือกอื่น ต้องให้แต่ละตัวเป็นอิสระจากกันอย่างแท้จริง

2.4.4.12 ควรมีตัวเลือก 4-5 ตัวเลือก แบบทดสอบแบบเลือกตอบนี้ถ้าเขียนตัวเลือกเพียง 2 ตัวเลือก ก็กลายเป็นแบบทดสอบแบบถูก-ผิด และเพื่อป้องกันไม่ได้เดาได้ง่าย ๆ จึงควรมีตัวเลือกมาก ๆ ตัวที่นิยมใช้หากเป็นระดับประถมศึกษาปีที่ 1-2 ควรใช้ 3 ตัวเลือก ระดับประถมศึกษาปีที่ 3-6 ควรใช้ 4 ตัวเลือก และตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาขึ้นไปควรใช้ 5 ตัวเลือก

2.4.4.13 อย่าแนะคำตอบ ซึ่งการแนะคำตอบมีหลายกรณี ดังนี้

- 1) คำถามข้อหลัง ๆ แนะนำคำตอบข้อแรก ๆ
- 2) ถามเรื่องที่คุณเรียนคล่องปากอยู่แล้ว โดยเฉพาะคำถามประเภทคำพังเพย สุภาษิต คติพจน์หรือคำเตือนใจ
- 3) ใช้ข้อความของคำตอบถูกซ้ำกับคำถามหรือเกี่ยวข้องกันอย่างเห็นได้ชัด เพราะนักเรียนที่ไม่มีความรู้อาจจะเดาได้ถูก
- 4) ข้อความของตัวถูกบางส่วนเป็นส่วนหนึ่งของทุกตัวเลือก
- 5) เขียนตัวถูกหรือตัวหลงถูกหรือผิดเด่นชัดเกินไป
- 6) คำตอบไม่กระจ่าย

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า ข้อสอบเป็นเครื่องมือในการวัดผลการศึกษาที่สามารถวัดคุณลักษณะ และความสามารถต่าง ๆ ของนักเรียนการเขียนข้อสอบให้มีคุณภาพดีนั้น จะต้องอาศัยองค์ประกอบหลายประการโดยเริ่มตั้งแต่การวางแผนจนกระทั่งได้ข้อทดสอบ ซึ่งครูต้องมีความ



ชำนาญในเนื้อหาและมีความรอบคอบในการสร้างข้อทดสอบอย่างยิ่ง เพื่อจะได้ให้ผู้เรียนเกิดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบแบบเลือกตอบตามแนวคิดของ Bloom ซึ่งแบ่งเป็น 6 ด้านคือ ความรู้ ความจำ (Knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การประยุกต์ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) การประเมิน (Evaluation)

## 2.5 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills)

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะสำคัญที่แสดงถึงการมีกระบวนการคิด อย่างมีเหตุ มีผลตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้เรียน และผู้ปฏิบัติเกิดความเข้าใจในเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ สามารถเรียนรู้ และพัฒนาตนเอง ไปสู่กระบวนการคิดที่ซับซ้อนมากขึ้น

### 2.5.1 ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกระทรวงศึกษาธิการ (2546, น. 271) ได้อธิบายความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นกระบวนการในการศึกษาหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ การตั้งคำถามหรือกำหนดปัญหา การสร้างสมมติฐานหรือการคาดการณ์คำตอบ การออกแบบวิธีการเก็บรวบรวมข้อมูลการวิเคราะห์ และการแปลความหมายข้อมูล การลงข้อสรุปและการสื่อสาร

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2544, น. 165) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการใช้กระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา การใช้ตัวเลขการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นการพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการการกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปอย่างคล่องแคล่วถูกต้อง และแม่นยำ

Good (1973, น. 12) กล่าวถึง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้อย่างมีขั้นตอน โดยเริ่มจากการเผชิญปัญหา กำหนดแนวทางการตอบปัญหาและปฏิบัติตามแนวทางนั้น จนในที่สุดค้นพบคำตอบของปัญหาหรือค้นพบความรู้ใหม่โดยใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์

Klopfer (อ้างใน ยูพา วีระไวยะ และปรียา นพคุณ, 2544, น. 87) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

จากแนวคิดต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ พอจะสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดและปฏิบัติเพื่อเสาะแสวงหาความรู้ หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ โดยวิธีการทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ 5 ชั้น ได้แก่ การทดลอง การตั้งสมมติฐาน การกำหนดค่านิยมเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปรการทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

### 2.5.2 องค์ประกอบของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สมาคมเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของประเทศอเมริกา ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หรือ AAAS (The American Association for the Advancement of Science) (พันซ์ ทองชุนนุม, 2547, น. 21) ได้แบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ระดับ 13 ทักษะ คือ

#### 2.5.2.1 ทักษะพื้นฐาน (Basic Science Process Skills) แบ่งออกเป็น 8 ทักษะ ดังนี้

- 1) ทักษะการสังเกต (Observing)
- 2) ทักษะการวัด (Measuring)
- 3) ทักษะในการคำนวณ (Using Numbers)
- 4) ทักษะการจำแนกประเภท (Classifying)
- 5) การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปซกับสเปซ และสเปซกับเวลา (Space and Space/Space and Time Relationships)
- 6) ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล (Inferring)
- 7) ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและการสื่อความหมาย (Organizing Data and Communicating)
- 8) ทักษะการทำนาย (Predicting)

#### 2.5.2.2 ทักษะขั้นผสมหรือบูรณาการ (Integrated Science Process Skills) แบ่งออกเป็น 5 ทักษะ ดังนี้

- 1) ทักษะการตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypotheses)
- 2) ทักษะการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
- 3) ทักษะการควบคุมตัวแปร (Controlling Variables)
- 4) ทักษะการทดลอง (Experimenting)
- 5) ทักษะการแปลความหมาย ข้อมูลและการลงข้อสรุป (Interpreting Data and

### Making Conclusion)

วรรณทิพา รอดแรงคำ และ จิตนวนแก้ว (2542, น. 3-6) ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะเช่นเดียวกับสมาคมอเมริกันเพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้

1. การสังเกต
2. การวัด
3. การคำนวณ
4. การจำแนกประเภท
5. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา
6. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล
7. การจัดกระทำข้อมูลและการสื่อความหมาย
8. การทำนาย
9. การตั้งสมมติฐาน
10. การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ
11. การชี้บ่งและควบคุมตัวแปร
12. การทดลอง
13. การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

รายละเอียดของแต่ละทักษะกระบวนการมีดังนี้

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสเข้าไปโดยตรงกับวัตถุ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติหรือการทดลอง เพื่อรวบรวมข้อมูลซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้นๆ โดยมาใส่ใจความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น และผิวหนัง ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตมี 3 ประเภท คือ

- 1.1 ข้อมูลเชิงคุณภาพ เป็นข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติของสิ่งที่สังเกต
- 1.2 ข้อมูลเชิงปริมาณ เป็นข้อมูลที่บอกรายละเอียดเกี่ยวกับปริมาณที่เป็นตัวเลข
- 1.3 ข้อมูลที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง เป็นข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์

ปฏิสัมพันธ์ของสิ่งนั้นกับสิ่งอื่น

2. การวัด หมายถึง ความสามารถในการเลือกใช้เครื่องมือที่จะวัดได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด ใช้เครื่องมือวัดปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขได้อย่างถูกต้อง แม่นยำ รวดเร็ว และเหมาะสม โดยมีหน่วยกำกับตลอดจนสามารถอ่านค่าที่วัดได้ถูกต้องและใกล้เคียงกับความเป็นจริง

3. ทักษะในการคำนวณ หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ โดยการนับ บวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง เช่น การหาปริมาตร หาพื้นที่ เป็นต้น ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในการสื่อความหมายให้ชัดเจนขึ้น

4. ทักษะการจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือการเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่ในปรากฏการณ์ใช้ความเหมือน ความแตกต่างหรือความสัมพันธ์เป็นเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์ในการแบ่งอาจกำหนดด้วยตนเองหรือผู้อื่นกำหนดขึ้นได้ อาจทำได้โดยการบอกเกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกหรือแบ่งพวกของสิ่งของ โดยใช้เกณฑ์ที่กำหนด

5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลาสเปส หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองอยู่ ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสเป็นความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติ หรือความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ส่วนความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับเวลา เป็นความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของวัตถุกับเวลา รวมถึงการระบุความเร็ว เวลา และทิศทางเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลาต่างกัน

6. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การอธิบายปรากฏการณ์ที่ได้จากการสังเกต การวัด หรือการทดลองอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ข้อมูล 1 ชุด อาจลงความเห็นได้หลายอย่าง

7. ทักษะการจัดกระทำข้อมูลและการสื่อความหมาย หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองหรือจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดให้อยู่ในรูปแบบใหม่โดยให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น จนง่ายต่อการแปลความหมายในขั้นต่อไปได้แก่ การหาความถี่ เรียงลำดับ จำแนกประเภท หรือคำนวณค่าใหม่ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจในสิ่งที่ต้องการสื่อได้ชัดเจนถูกต้องและรวดเร็ว ซึ่งอาจนำเสนอในรูปแบบตาราง แผนภูมิแผนภาพ วงจร กราฟ สมการ ประกอบการเขียนและการบรรยาย

8. ทักษะการทำนาย หมายถึง การคาดคะเนหรือสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุป การทำนายข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข เช่น เป็นกราฟหรือตารางทำได้ 2 แบบ คือการพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ การพยากรณ์ที่แม่นยำเป็นผลมาจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึกและการจัดกระทำข้อมูลได้อย่างเหมาะสม

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง เป็นการอธิบายปัญหาที่พบโดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (เหตุ) กับตัวแปรตาม (ผล) เพื่อขยายความสามารถอธิบายปรากฏการณ์

หรือเหตุการณ์ที่อยู่ในขอบข่ายเดียวกันให้กว้างขวางมากที่สุด สมมติฐานอาจตั้งขึ้นได้โดยอาศัยข้อมูลจากการสังเกต การลงความเห็นหรือประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน

10. ทักษะการให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ให้ผู้อื่นเข้าใจตรงกัน จนสามารถตรวจสอบ สังเกตหรือวัดได้ ส่วนใหญ่จะกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามหรือค่าที่อยู่ในสมมติฐาน

11. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร แยกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

11.1 การกำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

11.2 การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมตัวแปรอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้น ซึ่งอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน โดยการกำหนดตัวแปรอื่น ๆ ให้เหมือนกัน

12. ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบจากสมมติฐานที่ตั้งไว้การทดลองจะประกอบไปด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง

12.2 การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติจริงและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

12.3 การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ซึ่งอาจได้มาจากการสังเกต การวัด ได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้องในรูปของตารางหรือกราฟ

13. ทักษะการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

13.1 การแปลความหมายข้อมูล หมายถึง ความสามารถในการบอกหรือสื่อความหมายของข้อมูลซึ่งอยู่ในรูปของตาราง กราฟ แผนภูมิ รูปภาพต่าง ๆ รวมถึงข้อมูลในเชิงสถิติได้อย่างถูกต้องละเอียดถี่ถ้วนและเข้าใจตรงกัน ทักษะนี้อาจนำไปสู่การทำนาย การลงความเห็น หรือการตั้งสมมติฐาน

13.2 การลงข้อสรุป หมายถึง เป็นการบอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ในการวิจัยครั้งนี้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ชั้น ได้แก่ การทดลอง การตั้งสมมติฐาน การกำหนดคำนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมุ่งหวังที่จะพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการของนักเรียนในเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยา ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนสามารถนำกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในแก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

#### ตารางที่ 2.4

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและพฤติกรรมของผู้เรียนที่ซบ่งทักษะทางวิทยาศาสตร์

ทักษะทางวิทยาศาสตร์	พฤติกรรม
1. ทักษะการทดลอง	<ol style="list-style-type: none"> <li>กำหนดวิธีการทดลองได้อย่างเหมาะสมและสอดคล้องกับสมมติฐาน โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุม</li> <li>ระบุวัสดุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีที่ต้องใช้ในการทดลอง</li> <li>อธิบาย/ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องคล่องแคล่ว</li> <li>บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง</li> <li>จัดกระทำข้อมูลที่สังเกตได้และเลือกวิธีการที่เหมาะสมในการเสนอข้อมูล</li> <li>สามารถเขียนรายงานผลการทดลองรวมทั้งอภิปรายผลว่าข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้มานั้นสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่</li> </ol>
2. ทักษะการตั้งสมมติฐาน	<ol style="list-style-type: none"> <li>หาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิมได้</li> <li>สร้างหรือแสดงให้เห็นวิธีที่จะทดสอบสมมติฐานได้</li> <li>แยกแยะการสังเกตที่สนับสนุนสมมติฐานและไม่สนับสนุนสมมติฐานออกจากกันได้</li> </ol>
3. ทักษะการกำหนด นิยามเชิงปฏิบัติการ	<ol style="list-style-type: none"> <li>กำหนดความหมายและขอบเขตของค่าต่าง ๆ ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้</li> <li>ระบุสิ่งที่จะสังเกตและระบุการกระทำซึ่งอาจได้จากการวัด ทดสอบหรือการทดลอง</li> </ol>

(ต่อ)

## ตารางที่ 2.4 (ต่อ)

ทักษะทาง วิทยาศาสตร์	พฤติกรรม
4. ทักษะการ กำหนดและ ควบคุม ตัวแปร	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. ชี้บ่งตัวแปรต่าง ๆ ซึ่งอาจมีอิทธิพลต่อระบบได้</li> <li>2. บ่งชี้ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ถูกควบคุมได้</li> <li>3. อธิบายผลที่เกิดจากตัวแปรต้นหนึ่งตัวหรือหลายตัวได้</li> <li>4. บ่งชี้ได้ว่าตัวแปรใดที่ไม่ได้รับการควบคุมให้คงที่ในการทดลอง</li> <li>5. บอกได้ว่าสภาพการณ์อย่างไรที่ทำให้ตัวแปรที่มีค่าคงที่และสภาพการณ์ อย่างไรไม่ทำให้ค่าตัวแปรคงที่</li> </ol>
5. ทักษะการ ตีความหมาย ข้อมูลและ การข้อสรุปลง	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ได้</li> <li>2. อธิบายความหมายของข้อมูลที่จัดไว้ในรูปแบบต่าง ๆ ได้</li> <li>3. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้</li> </ol>

## 2.6 เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes)

### 2.6.1 ความหมายของเจตคติ

นักการศึกษาได้ให้ความหมายของเจตคติไว้ดังนี้

Munby (1983, pp. 141-142) ได้ให้ความหมายของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง การแสดงออกด้านจิตใจที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งแสดงออกให้เห็นถึงกระบวนการที่ใช้สติปัญญาหรือความคิดของนักวิทยาศาสตร์ในขณะปฏิบัติงาน

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546, น. 14) ได้ให้ความหมายของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความคิดเห็น ท่าที หรือพฤติกรรมที่แสดงออกต่อเนื้อหาวิชาและกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ หรืออื่น ๆ ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้หรือหลักการเชิงวิทยาศาสตร์

สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา (2551, น. 106) ได้ให้ความหมายของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ว่า หมายถึง ความรู้สึกของบุคคลต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลายความรู้สึกดังกล่าวเช่น ความสนใจ ความชอบ การเห็นความสำคัญและคุณค่า

จากการศึกษาความหมายเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ที่กล่าวไว้ข้างต้นสรุปได้ว่า เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้สึก หรือ ท่าทีพฤติกรรมที่แสดงออกให้เห็นถึงการใช้สติปัญญาหรือความคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย

### 2.6.2 คุณลักษณะของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

มีการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่าน ได้กล่าวถึงคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ดังนี้

#### 2.6.2.1 กลุ่ม 1 มี 3-6 ลักษณะ ได้แก่

Curtis well and William (1960, p. 20) ได้รวบรวมคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

- 1) ไม่มีความเชื่อเกี่ยวกับ โชคลางความลึกลับที่อธิบายไม่ได้
- 2) มีอุดมคติและความกระตือรือร้น อยากรู้เกี่ยวกับเหตุการณ์ทั่ว ๆ ไปที่เกิดขึ้น โดยชอบทดสอบความจริงที่มีอยู่ไว้แล้ว มีการสังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วน ชอบหาข้อมูลต่าง ๆ
- 3) มีนิสัยรักความจริงและเชื่อเหตุการณ์ที่ตนพิสูจน์ได้
  - 3.1) ยอมรับในสิ่งที่ตนพิจารณาแล้วอาจเป็นไปได้
  - 3.2) ยอมรับความจริงที่ได้รับการพิสูจน์
- 4) มีนิสัยที่จะประมาณเหตุผลและความเชื่อมั่น เชื่อสัจยต่อหลักวิชาและมีเหตุเพียงพอในการกระทำ
- 5) ยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น เป็นผู้มีจิตใจกว้างและยินดีจะกระทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ความจริงได้เสมอ

2.6.2.2 สมหวัง พิริยานุวัฒน์ และจันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2524, น. 6) ได้เสนอคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 6 ประการ คือ

- 1) มีเหตุผล ชอบแสวงหาหาสาเหตุของสิ่งต่าง ๆ
- 2) ชอบสงสัย ชอบตรวจตรา และประเมินกรรมวิธี กลวิธีและประสบการณ์ต่าง ๆ
- 3) ใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของบุคคลอื่น
- 4) ช่างสังเกต
- 5) มีความคิดเห็นและลงสรุปบนรากฐานของข้อมูลที่เชื่อถือได้เพียงพอ
- 6) มีความอยากรู้อยากเห็น

2.6.2.3 Billeh and Zakhariades (1975, pp. 157-161) สรุปคุณลักษณะสำคัญของบุคคลที่เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้



- 1) มีเหตุผล
- 2) เชื่อมมั่นในคุณค่าของเหตุผล
- 3) มีแนวโน้มที่จะทดสอบความเชื่อต่าง ๆ
- 4) แสวงหาเหตุผลปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
- 5) ยอมรับคำพิพากษ์วิจารณ์ที่มีเหตุผล
- 6) ทำทนายให้มีการพิสูจน์ความเชื่อที่แท้จริง
- 7) มีความอยากรู้อยากเห็น
- 8) มีความต้องการที่จะเข้าใจสถานการณ์ใหม่ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้ด้วยรู้

ที่มีอยู่

- 9) มีความต้องการที่จะถามว่า ทำไมอย่างไร ต่อปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- 10) มีความต้องการหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ
- 11) มีความใจกว้าง
- 12) เต็มใจที่จะทบทวนหรือเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นและข้อสรุป
- 13) มีความปรารถนาที่จะรับรู้ความคิดเห็นใหม่
- 14) ยอมรับความคิดเห็นหรือวิธีการแปลก ๆ
- 15) ไม่เชื่อโชคลางหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ คือไม่ยอมรับความเชื่อเกี่ยวกับโชคลางหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่าง ๆ ที่อธิบายตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไม่ได้
- 16) มีความซื่อสัตย์และใจเป็นกลาง
- 17) สังเกตและบันทึกผลต่าง ๆ ปราศจากความลำเอียงหรืออคติ
- 18) ไม่นำสภาพสังคมหรือเศรษฐกิจ และการเมืองมาเกี่ยวกับการตีความ
- 19) ไม่ยอมให้ความเชื่อหรือไม่ชอบส่วนตัวมีอิทธิพลเหนือการตัดสินใจใด ๆ

ในทางวิทยาศาสตร์

- 20) พิจารณาอย่างรอบคอบก่อนตัดสินใจ
- 21) ไม่เต็มใจที่จะสรุปก่อนที่จะมีหลักฐานเพียงพอ
- 22) ไม่เต็มใจที่จะยอมรับความจริงต่าง ๆ เมื่อไม่มีข้อสนับสนุนมาพิสูจน์ให้เห็นจริง

เห็นจริง

2.6.1.4 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2527, น. 5) ได้จำแนกองค์ประกอบของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 7 ประการคือ

- 1) เปลี่ยนแปลงความคิดเห็น ได้เมื่อมีเหตุผลถูกต้องกว่า
- 2) มีความบากบั่นในการทำงาน

- 3) ให้ความร่วมมือกับผู้อื่น
- 4) ยอมรับฟังความคิดเห็นผู้อื่น
- 5) มีความซื่อสัตย์ในการทำงาน
- 6) ยอมรับข้อผิดพลาด มีความรับผิดชอบในการกระทำของตน
- 7) ไม่เชื่อโชคกลางหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์

### 2.6.3 กลุ่มที่ 2 มี 7-11 คุณลักษณะได้แก่

Haney (1969, p. 204) ได้กำหนดลักษณะเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์มี 8 ลักษณะ ดังนี้

1. อยากรู้อยากเห็น (Curiosity) หมายถึง ความพอใจที่จะเผชิญปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยไม่เชื่อสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่าง ๆ
  2. ความมีเหตุผล (Rationality) หมายถึง การใช้เหตุผลในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยไม่เชื่อสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่าง ๆ
  3. มีความรอบคอบในการลงข้อสรุปหรือตัดสินใจหรือความรอบคอบ (Suspended-Judgment) หมายถึง การไม่รับตัดสินใจหรือลงข้อสรุปโดยปราศจากข้อสนับสนุนเพียงพอ
  4. ความมีใจกว้าง (Open-Mindedness) หมายถึง ความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตน
  5. การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Mindedness) หมายถึง ความพยายามที่จะหาข้อมูลสนับสนุนหลักฐานอ้างอิงต่าง ๆ ก่อนที่จะยอมรับความคิดเห็นใด ๆ รู้จักโต้แย้งและหาหลักฐานสนับสนุนความคิดตนเอง
  6. ความเป็นปรณัย (Objective) หมายถึง การปรณัยหรือความถูกต้องเที่ยงตรงในการรวบรวมข้อมูล การจัดกระทำข้อมูล การตีความหมายโดยไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวเข้าไปเกี่ยวข้อง
  7. ความซื่อสัตย์ (Honesty) หมายถึง ความถูกต้องในการรายงานผลการศึกษาโดยปราศจากอคติ ความรู้สึกส่วนตัวหรือปราศจากอิทธิพลของสังคม เศรษฐกิจ และบ้านเมือง
  8. การยอมรับในข้อจำกัด (Humility) หมายถึง การยอมรับในข้อจำกัดของการแสวงหาความรู้ ความจริงที่ค้นพบวันนี้อาจเปลี่ยนแปลงได้ในวันหน้า
- Saunders (1955, pp.11-12) ได้กล่าวถึงผู้มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ว่ามีคุณลักษณะดังต่อไปนี้
1. มีระเบียบในการดำเนินชีวิต
  2. รู้จักสังเกต
  3. ไม่ลำเอียงในการทดลอง

4. รู้จักสื่อข่าวสารที่ได้รับ
5. ระมัดระวังความผิดพลาดอันเกิดขึ้นและรู้จักวิธีป้องกัน
6. มีจิตใจกว้างขวาง
7. มีความพร้อมที่จะหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ
8. มีความเต็มใจที่จะทดสอบความจริง
9. ไม่สรุปอะไรจนกว่าจะมีหลักฐานยืนยัน
10. มีทักษะในการตั้งสมมติฐานจากข้อเท็จจริงอย่างเพียงพอ

Neuman (1993, pp. 13-16) ได้เสนอคุณลักษณะพฤติกรรมของบุคคลที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 7 ประการ

1. มีความอยากรู้อยากเห็น
2. มีความซื่อสัตย์
3. ความเป็นปรนัย
4. มีใจกว้าง
5. มีความวิริยะอุตสาหะ
6. มีความสงสัย
7. มีความรอบคอบในการลงข้อสรุป หรือตัดสินใจ

#### 2.6.4 กลุ่มที่ 3 มี 12-20 คุณลักษณะ ได้แก่

Neuman (1993, pp. 17-18) ได้สรุปคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ประการ คือ

1. ด้านความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ มีความปรารถนาสำรวจตรวจสอบแนวความคิด สิ่งต่าง ๆ ที่แปลกใหม่ มีความปรารถนา ในการสำรวจค้นหาข้อสนเทศเพิ่มเติมค้นคว้าหลักฐานมาสนับสนุนข้อสรุปต่าง ๆ สนใจประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่พบเห็นในสื่อมวลชนปรารถนามีคำอธิบายที่เชื่อถือได้ในการตอบคำถามที่สนใจ
2. ความใจกว้าง (Openness) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ มีความเต็มใจ ที่ให้ผู้อื่นวิพากษ์ข้อมูลหรือแนวคิดที่ตนเองเสาะหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อสรุปต่าง ๆ
3. มุ่งมั่นในความจริง (Reality Orientation) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ ตระหนักว่าการเปลี่ยนแปลงเป็นสิ่งที่แน่นอนเสมอ ตระหนักว่าแหล่งความรู้หลากหลาย มีความเชื่อว่าวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือในการเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม

4. ความชอบเสี่ยง (Risk - taking) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ เต็มใจที่  
ถูกวิพากษ์วิจารณ์และล้มเหลวในการทำงาน แสดงความคิดเห็นความรู้สึกหรือการวิพากษ์วิจารณ์  
ได้ตลอดเวลาพร้อมอภิปรายอย่างอิสระในการเรียนวิทยาศาสตร์ เต็มใจที่จะใช้แนวทางใหม่ ๆ ในการ  
ศึกษาหรือในการทำงานเสมอ

5. ความเป็นปรนัย (Objectivity) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ แสดงให้  
เห็นถึงความยึดมั่นในข้อสรุปที่มีหลักฐานสนับสนุน ยึดมั่นในข้อสรุปเชิงวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการ  
ตรวจ พิสูจน์แล้ว

6. ความแม่นยำ (Precision) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ ยึดมั่นในข้อ  
ความสมนัยกัน และหาคำนิยามของศัพท์ต่าง ๆ แสดงให้เห็นถึงความต้องการตรวจสอบปัญหา  
ต่าง ๆ ในแนวทางแนวความคิดที่ต่างไปจากเดิม

7. ความเชื่อมั่น (Confidence) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ มีความ  
เชื่อมั่นว่าตนเองสามารถสืบเสาะหาความรู้ได้อย่างสำเร็จ ยึดมั่น และเต็มใจที่จะใช้วิธีการแก้ปัญหา  
แบบวิทยาศาสตร์

8. ความอดุสาหะวิริยะ (Perseverance) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ คิดตาม  
ค้นคว้าสืบค้นหาคำตอบของปัญหาต่าง ๆ อย่างไม่ย่อท้อ จนกว่าจะได้คำตอบดังกล่าว ทำกิจกรรม  
ต่าง ๆ อย่างอดทนจนกว่าจะได้ตามที่ต้องการ

9. ความพึงพอใจ (Satisfaction) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ มีความพึง  
พอใจในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ มีความเชื่อมั่นในการมี  
ประสบการณ์สืบเสาะที่สามารถนำไปสู่ความสำเร็จในการทำกิจกรรมต่าง ๆ ในอนาคตได้

10. ยึดมั่นในโครงสร้างทฤษฎี (Respect for Theoretical Structure) ลักษณะ  
พฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ ตระหนักถึงความสำคัญของตัวแบบทฤษฎีและมโนคติ ในฐานะ  
ที่เป็นเครื่องมือในการจัดระเบียบความรู้ต่าง ๆ ตระหนักถึงความสำคัญของวิธีการเชิง  
วิทยาศาสตร์ในการสร้างความรู้ ทฤษฎี และมโนคติ

11. ความรับผิดชอบ (Responsibility) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ มีความ  
เต็มใจทำงานนอกเหนือไปจากที่มอบหมาย ยึดมั่นในการมีหลักฐานอย่างเพียงพอ ในการที่จะได้มาซึ่ง  
ข้อสรุปใด ๆ เสนอแนะแนวทางการเปลี่ยนแปลงเพื่อปรับปรุงขั้นตอนต่าง ๆ ในการทำงาน เคารพใน  
สิทธิของบุคคลอื่นในการมีส่วนร่วมในการทำงานร่วมกัน มีความเต็มใจในการแลกเปลี่ยนความรู้กับ  
คนอื่น ยึดมั่นในการทำงานเพื่อประโยชน์ของหมู่คณะ มีเหตุผลเสมอในการวิพากษ์วิจารณ์ใด ๆ

12. ประชามติและการช่วยเหลือ (Consensus and Collaboration) ลักษณะพฤติกรรมที่แสดงออก ได้แก่ มีความเต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงแนวความคิด รูปแบบการทำงานเมื่อทำงานร่วมกับคนอื่น ชอบแสวงหาความชัดเจนของแนวคิดของคนอื่นหรือกรอบความคิดของคนอื่น

Haney (1969, pp. 198-204) ได้แบ่งเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้

1. เจตคติที่ทำให้เกิดพฤติกรรมเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์ ได้แก่

1.1 ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) หมายถึง ความพอใจที่จะเผชิญกับปัญหาใหม่เป็นคนที่มีความชอบซักถามชอบคิดและริเริ่มสิ่งใหม่ ๆ

1.2 ความมีเหตุผล (Rationally) เป็นตัวกำหนดแนวทางของพฤติกรรมของนักวิทยาศาสตร์เพื่อหาเหตุผลของปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยไม่เชื่อสิ่งศักดิ์สิทธิ์ต่าง ๆ มีความรอบคอบในการลงข้อสรุปโดยปราศจากข้อมูลสนับสนุนเพียงพอ

2. เจตคติเกี่ยวกับการยอมรับความคิดเห็นใหม่ ๆ ได้แก่

2.1 ความใจกว้าง (Open-Mindedness) หมายถึง ความเต็มใจที่เปลี่ยนแปลงความคิดเห็น

2.2 การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Mindedness) หมายถึง ความพยายามที่จะหาข้อมูลสนับสนุนหลักฐานอ้างอิงต่าง ๆ ก่อนที่จะยอมรับความคิดเห็นใด ๆ

2.3 มีความเห็นเป็นปรนัย (Objectivity) หมายถึง การเป็นปรนัยหรือความถูกต้องเที่ยงตรงในการรวบรวมข้อมูลการจัดกระทำข้อมูลและตีความโดยไม่ใช้ความคิดเห็นส่วนตัวเข้าไปเกี่ยวข้อง

2.4 ความซื่อสัตย์ (Honesty) หมายถึง ความถูกต้องในการรายงานผลการศึกษาโดยปราศจากอคติความรู้สึส่วนตัวหรือปราศจากอิทธิพลของสังคมเศรษฐกิจและการเมือง

3. เจตคติเกี่ยวกับโลกทัศน์ของแต่ละบุคคล ได้แก่ การยอมรับในข้อจำกัด

Diederich (1969, pp. 23-24) ได้สรุปลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 20 ประการคือ

1. ไม่ยอมเชื่ออะไรง่าย ๆ จะต้องถามเมื่อมีความสงสัยไม่เชื่อสิ่งต่าง ๆ ทันทันทันใด
2. มีความเชื่อมั่นอยู่เสมอว่าจะต้องมีแนวทางที่จะแก้ปัญหาได้
3. มีความปรารถนาที่จะพิสูจน์โดยการทดลอง
4. มีความเที่ยงตรงโดยปราศจากความคิดหรืออารมณ์ของตนเอง
5. มีความพอใจที่จะยอมรับสิ่งใหม่ ๆ ถ้าสิ่งใหม่ ๆ นั้นมีค่าและมีเหตุผลเพียงพอ
6. มีความเต็มใจที่เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนเองเสมอถ้าความคิดเห็นใหม่นั้นดีกว่า

7. มีความถ่อมตนหรือยอมรับในข้อจำกัดทางวิทยาศาสตร์
8. มีความซื่อสัตย์ต่อความจริง
9. มีเจตคติเชิงปรณัยหรือมีความเป็นปรณัยในการแปลความหมายข้อมูล
10. พอใจยอมรับวิธีการทางวิทยาศาสตร์มาอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ
11. ไม่เชื่อโชคลางหรือสิ่งศักดิ์สิทธิ์
12. แสวงหาความรู้เพิ่มเติมอยู่เสมอ
13. ไม่ด่วนตัดสินใจในสิ่งใด ๆ หรือมีความรอบคอบในการตัดสินใจ
14. สามารถแยกความแตกต่างระหว่างสมมติฐานกับคำตอบของปัญหา
15. มีข้อตกลงเบื้องต้นในการทำงานใด ๆ
16. สามารถเห็นความสำคัญของสิ่งต่างๆตามลำดับความสำคัญ
17. มีความเชื่อมั่นในโครงสร้างทฤษฎี
18. ยอมรับข้อมูลเชิงปริมาณเท่านั้น
19. ยอมรับทฤษฎีที่น่าจะเป็น
20. ยอมรับข้อสนับสนุนที่มีเหตุผล

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2540, น. 7) แบ่งประเภทของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ออกเป็น 8 ด้าน  
ได้แก่

1. ความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity) หมายถึง บุคคลที่มีลักษณะชอบซักถามชอบหาความรู้ ชอบริเริ่มและชอบสืบเสาะหาความรู้
2. ความมีเหตุผล (Rationality) หมายถึง บุคคลที่ชอบพิจารณาหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติใช้เหตุผลอย่างรอบคอบในการพิสูจน์สิ่งต่าง ๆ และการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ
3. ความรอบคอบในการตัดสินใจ (Suspending Judgment) หมายถึง บุคคลที่มีการรวบรวมหลักฐานที่เชื่อถือได้เพียงพอก่อนที่จะตัดสินใจหรือสรุปสิ่งต่าง ๆ
4. ความใจกว้าง (Open-Mindness) หมายถึง บุคคลที่เต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนและยอมรับความจริงที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีหลักฐานใหม่มาสนับสนุนที่คิดว่า
5. มีความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Critical - Mindness) หมายถึง บุคคลที่พยายามค้นหาหลักฐานหรือข้ออ้างอิงต่าง ๆ ก่อนที่จะยอมรับความคิดเห็นใด ๆ และรู้จักโต้แย้งและหาหลักฐานมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง
6. ความเป็นปรณัย (Objectivity) หมายถึง บุคคลที่มีความเที่ยงตรงในการเก็บรวบรวมข้อมูลวิเคราะห์ข้อมูลและแปลความหมายข้อมูลต่างๆ

7. ความซื่อสัตย์ (Honesty) หมายถึง บุคคลที่มีการรายงานผลการทดลองหรือผลจากการสังเกตอย่างมีสติด้วยความซื่อสัตย์

8. การยอมรับขีดจำกัด (Humility) หมายถึง บุคคลที่มีการยอมรับข้อจำกัดต่าง ๆ ในการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

Neuman (1993, p.13) ได้เสนอคุณลักษณะพฤติกรรมของบุคคลที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ไว้ 7 ประการคือ

1. มีความอยากรู้ อยากรูเห็น หมายถึง บุคคลที่มีลักษณะชอบ ชักถามขอหาความรู้ ชอบริเริ่ม และชอบสืบเสาะหาความรู้

2. มีความซื่อสัตย์ ความซื่อสัตย์ หมายถึง บุคคลที่มีการรายงานผลการทดลองหรือผล

จากการสังเกตอย่างมีสติด้วยความซื่อสัตย์

3. ความเป็นปรนัย ความเป็นปรนัย หมายถึง บุคคลที่มีความเที่ยงตรงในการเก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล และแปลความหมายข้อมูลต่าง ๆ

4. มีความใจกว้าง ความใจกว้าง หมายถึง บุคคลที่เต็มใจที่จะเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตน และยอมรับความจริงที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อมีหลักฐานใหม่มาสนับสนุนที่ดีกว่า

5. มีความวิริยะอุตสาหะ หมายถึง บุคคลที่พยายามค้นหาหลักฐานหรือข้ออ้างอิงต่าง ๆ ก่อนที่จะยอมรับความคิดเห็นใด ๆ และรู้จักโต้แย้งและหาหลักฐานมาสนับสนุนความคิดเห็นของตนเอง

6. มีความสงสัย หมายถึง บุคคลที่ชอบพิจารณาหาสาเหตุของปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติใช้เหตุผลอย่างรอบคอบในการพิสูจน์สิ่งต่าง ๆ

7. มีความรอบคอบในการลงข้อสรุปหรือตัดสินใจ หมายถึง บุคคลที่มีการรวบรวมหลักฐานที่เชื่อถือได้เพียงพอก่อนที่จะตัดสินใจ หรือสรุปสิ่งต่าง ๆ

สรุปได้ว่า เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกลึกซึ้ง ความเชื่อของบุคคลที่มีต่อวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย และยังเป็นกระบวนการหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้กระทำเพื่อให้เกิดความรู้ขึ้นมาสามารถวัดได้โดยใช้แบบวัด

### 2.6.5 แนวการพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

Andersen (1969, pp. 3332-A) ได้เสนอแนวทางในการสอนที่จะเป็นการพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์จะต้องชี้ให้เห็นว่าเจตคติจะสอนนั้นมียุทธศาสตร์ประกอบอะไรบ้าง ต้องเข้าใจความหมายอย่างแจ่มชัดและจะต้องให้นักเรียนมีประสบการณ์เกี่ยวกับเรื่องนั้นเพื่อให้เกิดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์นั้นจะต้องมีสถานการณ์ต่างๆเพื่อแก้ปัญหาตามลำดับดังนี้

1. มีความรู้สึกที่เกิดปัญหา
2. มีความเข้าใจปัญหาอย่างแจ่มชัด
3. ต้องตั้งสมมติฐานได้
4. ต้องสามารถให้เหตุผลในการตั้งสมมติฐานได้และมีเหตุมีผลของสมมติฐานนั้น และมีเหตุผลในการวางแผนตรวจสอบสมมติฐานได้
5. ต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูล
6. ต้องมีการจัดกระทำข้อมูลและแปลความหมายข้อมูล
7. ต้องสามารถสรุปผลได้

จากการศึกษาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ที่กล่าวไว้ข้างต้นพอสรุปได้ว่าเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการของความรู้สึก ที่กำหนดพฤติกรรมในกระบวนการแสวงหาความรู้ และแสดงออกให้เห็นถึงการใช้สติปัญญาหรือความคิดของนักวิทยาศาสตร์ที่เป็นผลจากการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย ผู้มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์นั้นจะมีลักษณะเป็นคนชอบค้นคว้าหาหลักความจริง รู้จักเหตุผลเป็นผู้มีจิตใจกว้างและยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความซื่อสัตย์ในการทำงานยอมรับข้อผิดพลาด มีความรับผิดชอบในการกระทำของตนเองและให้ความร่วมมือกับผู้อื่น ซึ่งจำเป็นต้องใช้ความรู้ หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์มาประกอบ

เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญนักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ควรได้มีความรู้เกี่ยวกับการทำงานเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ควรพัฒนาให้เกิดขึ้นกับเด็กนักเรียนด้วยเหตุผล 2 ประการคือ

1. ในการเรียนวิทยาศาสตร์นักเรียนจะต้องปฏิบัติกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์เพื่อจะได้เกิดความเข้าใจในงานทางวิทยาศาสตร์และลอกเลียนแบบในการทำงานเยี่ยงนักวิทยาศาสตร์มาใช้ในชีวิตจริงด้วย

2. นอกจากการลอกเลียนแบบเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์มาเป็นของตนเองซึ่งจะช่วยให้เกิดความเข้าใจในธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แล้วเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ยังเป็นคุณลักษณะของบุคคลที่ทุกคนต้องมีและนำไปใช้ในการดำรงชีวิต

### 2.6.5 สิ่งที่มีอิทธิพลต่อเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่สามารถสร้างหรือพัฒนาให้มีขึ้นในบุคคลได้และสามารถเปลี่ยนแปลงได้ การเปลี่ยนแปลงเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ อาจได้อิทธิพลจากสิ่งต่าง ๆ เป็นจำนวนมากซึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ที่สำคัญที่สรุป ดังนี้

- 2.6.5.1 สิ่งแวดล้อม เป็นสิ่งที่มีอิทธิพลต่อการดำเนินชีวิตของบุคคลเป็นอย่างมาก นอกจากนั้นยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของบุคคลอีกด้วยนั่นคือ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ส่วนมากได้รับการเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ที่บุคคลได้เข้าไปสัมผัส



ซึ่งเห็นได้จากผลการวิจัย ที่พบว่า นักเรียนที่มาจากโรงเรียนที่ตั้งอยู่ในเมืองและนอกเมือง มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน (บรรทม เครือวัลย์, 2530, น. 59)

2.6.5.2 ประสบการณ์ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งเพราะเป็นสิ่งที่ส่งผลต่อพฤติกรรม การแสดงออกและการเปลี่ยนแปลงเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของบุคคล โดยเฉพาะอย่างยิ่งประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ช่วยพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ในตัวนักเรียนได้เป็นอย่างดี (Blough and Schwarty, 1966, pp. 581-591)

2.6.5.3 ระดับสติปัญญา เนื่องจากเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เป็นเจตคติที่เกี่ยวข้องกับระดับปัญญา (Schibeci, 1983, p.597; Haladyna and Shaughnessy, 1982, pp. 547-563) จึงมีผลต่อการพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนซึ่งจากการศึกษาของ สุภาวดี อัจศิริ (2542) พบว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่มีระดับสติปัญญาชั้นการคิดแบบนามธรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับสติปัญญาชั้นการคิดกึ่งนามธรรมและชั้นการคิดแบบรูปธรรม

## 2.6.6 เครื่องมือวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

ในการพัฒนาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ การปลูกฝังเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวเด็กนักเรียนเป็นหน้าที่โดยตรงของครูผู้สอน ในการช่วยให้บุคคลชอบการแสวงหาความรู้ ปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อม เป็นคนมีเหตุผล ใจกว้างยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น มีความซื่อสัตย์ ไม่ย่อท้อต่อการแก้ปัญหา อยู่ในสังคมที่พัฒนา ไปด้วย วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีความสุข ได้รวบรวมแนวคิดเพื่อศึกษาคุณลักษณะของบุคคลที่มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ Haney (1969, pp. 198-204) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาและได้รับการปรับปรุงสำหรับใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2540, น. 70) ได้พัฒนาแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ 8 ด้าน เป็นแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ จำนวน 40 ข้อ มี 4 ตัวเลือก การตอบคำถามแบบ ถูกผิดถ้าตอบถูก ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดได้ 0 คะแนน ดังนี้

## ตารางที่ 2.5

เจตคติรายด้าน 8 ด้าน

แต่ละด้านเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	ข้อ
1. อยากรู้ อยากเห็น (Curiosity)	1, 9, 17, 25, 33
2. ความมีเหตุผล (Rationality)	2, 10, 18, 26, 34
3. มีความรอบคอบในการลงข้อสรุป (Suspended - Judgment)	3, 11, 19, 27,
4. ความมีใจกว้าง (Open-Mindedness)	4, 12, 20, 28, 35
5. การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Mindedness)	5, 13, 21, 29, 38
6. ความเป็นปรนัย (Objective)	6, 14, 22, 30, 36, 39
7. ความซื่อสัตย์ (Honesty)	7, 15, 23, 31
8. การยอมรับในข้อจำกัด (Humility)	8, 16, 24, 32, 37, 40

สรุปได้ว่า เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความรู้สึกนึกคิด ความเชื่อของบุคคลที่มีต่อวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลจากการเรียนรู้ โดยผ่านกิจกรรมที่หลากหลาย และยังเป็นกระบวนการหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้กระทำเพื่อให้เกิดความรู้ขึ้นมา สามารถวัดได้โดยใช้แบบทดสอบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มี 8 ด้าน คือ ความอยากรู้ อยากเห็น (Curiosity) ความมีเหตุผล (Rationality) มีความรอบคอบในการลงข้อสรุป (Suspended-Judgment) ความมีใจกว้าง (Open-Mindedness) การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Mindedness) ความเป็นปรนัย (Objective) ความซื่อสัตย์ (Honesty) การยอมรับในข้อจำกัด (Humility)

## 2.7 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.7.1. งานวิจัยในประเทศ

ศรายุทธ ชาญนคร และคณะ (2556) ได้ศึกษา การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 เรื่อง บรรยากาศ ด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM Education) พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ของนักศึกษาเพิ่มขึ้นจาก 66.97 เป็น 111.5 ด้านความคิดค่อนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น จาก 36.72 เป็น 45.67 ด้านความคิดยืดหยุ่น นักเรียน มีคะแนนเพิ่มจาก 17.39 เป็น 28.92 ความคิดริเริ่ม นักเรียน มีคะแนนเพิ่มขึ้นจาก 12.86 เป็น 36.92

ส่วนปัจจัยที่ส่งผลต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ได้แก่ ข้อจำกัดด้านเวลาและการใช้ประเด็นที่กระตุ้นการเรียนรู้

พลศักดิ์ แสงพรมศรี (2558, น. 401-418) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนพยุภคภูมิวิทยาคาร อำเภอพยุภคภูมิพิสัย จังหวัดมหาสารคาม จำนวน 2 ห้องเรียน 102 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมี หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติต่อการเรียนวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จรัส อินทลาภาพร และคณะ (2558, น. 62-74) ได้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา วิธีดำเนินการวิจัยประกอบด้วยขั้นตอนในการวิจัย 2 ขั้นตอน คือ ศึกษาแนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาจากการสังเคราะห์เอกสารงานวิจัย และจัดประชุมสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) เพื่อสังเคราะห์แนวทางการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา ผลการวิจัย พบว่าในการจัดการเรียนรู้และการประเมินผลตามแนวสะเต็มศึกษา ผู้สอนควรปฏิบัติคือ ศึกษาสาระสำคัญของสาระวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ การงานอาชีพและเทคโนโลยีและกระบวนการออกแบบ ทางวิศวกรรมในลักษณะของการบูรณาการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาด้วยตนเองก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน จัดการเรียนรู้ที่เน้นปัญหาเป็นฐาน (Problem-Based Learning) จัดการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน (Project-Based Learning) จัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนเรียนรู้และให้ข้อมูลย้อนกลับแก่ผู้เรียน เพื่อตรวจสอบความรู้ความเข้าใจของผู้เรียนและวัดและประเมินผลการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Assessment) ซึ่งแนวทางในการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาดังกล่าวเป็นการจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning)

สถาพร ไชยศรี (2559) ได้ศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education) กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนขอนแก่นวิทยายนที่ลงทะเลเบียนเรียนวิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน (ค32102) ครบทั้ง 3 หน่วยการเรียนรู้รวม 118 คน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองคือ

แผนการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education วิชาคณิตศาสตร์พื้นฐาน (ค32102) ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEM Education ทำคะแนนได้ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มมีจำนวนมากกว่าร้อยละ 80 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ก่อนเรียนและหลังเรียนจากการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEM Education มีคะแนนเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ธานี จันทน์นาง (2556, น. 29-36) โรงเรียนบ้านท่ากลอย (ทรัพย์กมลประชาสรรค์) สำนักงานเขตพื้นที่การประถมศึกษาจะเข้เขต 2 จัดกิจกรรม STEM Education ให้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 38 แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4 คน โดยทดลองสอน เรื่องเตาอบไฟฟ้า ซึ่งใช้การเปลี่ยนพลังงานแสงจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานความร้อนในการทำให้อุ่น โดยกำหนดอุปกรณ์พื้นฐาน 4 ชิ้นคือ ถังนม 1 ถัง (นมโรงเรียน) กุ้งขี้เหล็ก 1 ใบ ฟลอยด์ห่ออาหาร โดยครูให้แต่ละกลุ่มสามารถเลือก อุปกรณ์เพิ่มเติมได้ 1 อย่าง ที่นักเรียนคิดว่าสามารถใช้เป็นองค์ประกอบในการสร้างเตาอบที่มีคุณภาพดีที่สุด ซึ่งผลจากการทำ กิจกรรมพบว่า นักเรียนแต่ละกลุ่มให้ความสนใจและได้ลงมือปฏิบัติ ได้เรียนรู้การลองผิดลองถูก การทำงานร่วมกัน การแก้ปัญหาที่พบขณะลงมือปฏิบัติ

สุวารี พงศ์ธีระวรรณ (2548) โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการวิทยาศาสตร์ ให้กับนักเรียนโดยนำการจัดการเรียนรู้แบบ STEM Education มาใช้ในการทำโครงการวิทยาศาสตร์ ที่สามารถนำมาแก้ปัญหามที่พบในท้องถิ่น สอนให้นักเรียนมองปัญหาอย่างลึกซึ้ง ค้นคว้าหาข้อมูลในการแก้ปัญหาโดยใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันจนทำให้นักเรียนได้รับรางวัล Diploma Excellence จากการเข้าประกวดในเวทีนานาชาติ ในงาน Stockholm Junior Water Prize 2014 (SJWP) กรุงสต็อกโฮม ประเทศสวีเดน

### 2.7.2. งานวิจัยต่างประเทศ

Diana (2012, pp. 32-42) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน โดยใช้ นักเรียนเกรด 3-8 เป็นกรณีศึกษาให้ทำโครงงานในหัวข้อเรื่อง ดาวอังคารในจินตนาการ โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรม เริ่มต้นด้วย การตรวจสอบความพื้นฐานในจินตนาการ ศึกษาค้นคว้าสำรวจตรวจสอบ สร้างสรรค์ ออกแบบ โมเดลดาวอังคาร และแลกเปลี่ยนความคิดการออกแบบของตัวเองให้เพื่อน ๆ ได้รู้จากผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้บูรณาการ STEM ในการให้นักเรียนได้ทำโครงงานส่งผลทำให้นักเรียนสามารถถ่ายโอนความรู้และทักษะสู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้าและประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ๆ ที่เกิดขึ้นในภายภาคหน้าได้ เพิ่มแรงจูงใจในการเรียนรู้เพิ่มขึ้น และมีผลทดสอบในวิชาวิทยาศาสตร์และ คณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นด้วย

Scott (2012, pp. 30-39) ได้ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในโรงเรียนมัธยมในสหรัฐอเมริกา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาบทบาทของ STEM ในโรงเรียนมัธยม 10 แห่งทั่วสหรัฐอเมริกา ในการพยายามเพื่อเตรียมความพร้อมแก่นักเรียนสำหรับเข้าทำงานในสาขาที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในหลาย ๆ โรงเรียนได้มีการออกแบบแผน และดำเนินการนำไปใช้แล้ว แต่อีกหลาย ๆ แห่งยังอยู่ในขั้นดำเนินการวางแผนอยู่เลย จากการศึกษาชี้ให้เห็น ว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ได้ ดีกว่าเด็ก นักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม และนักเรียนกลุ่มที่เข้าร่วมนี้ยังให้บอกอีกว่า หากพวกเขาได้รับ โอกาสและการสนับสนุนส่งเสริมให้สามารถเรียนรู้ที่จะแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่พบเจอในชีวิต และฝึกงานจริง หรือให้ รับผิดชอบทำโครงการขึ้นมาสักชิ้น เพื่อใช้ขอสำเร็จการศึกษา พวกเขาจะสามารถสำเร็จการศึกษาขั้นพื้นฐานได้อย่างแน่นอน

Dowey (2013, pp. 30-40) ได้ศึกษาเจตคติ ความสนใจและการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อ วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหญิง โรงเรียนมัธยมศึกษาที่เป็นชนกลุ่มน้อยในประเทศสหรัฐอเมริกา : ศึกษา เฉพาะในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำและเรียนในหลักสูตรสะเต็ม (STEM Disciplines) โดยมีจุดประสงค์ของการวิจัย คือ 1) เพื่อศึกษาอิทธิพลของความแตกต่างทางเชื้อชาติและ ความสามารถทางวิชาการที่มีต่อเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์และ 2) เพื่อศึกษาปัจจัย ภายนอก (พื้นฐาน ครอบครัว, โรงเรียน, เพื่อน และชุมชน) และปัจจัยภายในที่มีต่อการรับรู้ ความสามารถของตนเอง ทางด้านวิทยาศาสตร์และทำการวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบสำรวจ ที่สร้างตามวิธีของ Likert ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนชนกลุ่มน้อยที่มีชาติพันธุ์ Asian/Filipino มีเจตคติ และความสนใจต่อวิชา วิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มชาติพันธุ์อื่น ๆ ตามมาด้วยชาวลาตินอเมริกัน และยัง ชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่ได้รับการให้กำลังใจและสนับสนุนส่งเสริมจากครอบครัวจะมีการรับรู้ ความสามารถของตนเองทางด้านวิทยาศาสตร์ได้ดีด้วย

Tseng. et al. (2013, pp. 87-102) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงการ โดยงานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษา เจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงการเป็นฐานที่บูรณาการ STEM เครื่องมือที่ใช้เป็นแบบสอบถามและแบบสัมภาษณ์ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือผู้ที่เริ่มทำงาน ใหม่ในสถาบันเทคโนโลยีในไต้หวัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างที่ ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้การสอนด้วยโครงการเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนไปอย่างมี นัยสำคัญจากการสัมภาษณ์ เกือบทั้งหมดแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของ STEM คือ ความรู้ ทักษะ และประสบการณ์ทางด้าน STEM จะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต สามารถ นำมาใช้เพื่อแก้ปัญหาคณิตศาสตร์ที่เกิดขึ้นจริงได้ สามารถสร้างโลกที่มีสิ่งอำนวยความสะดวกเพิ่มมากขึ้น

สามารถแสดงให้เห็นถึงความหมายของการเรียนรู้และอยากที่จะเรียนรู้เพิ่มขึ้นและส่งผลต่อเจตคติในการประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับ STEM ในภาคหน้าเพิ่มขึ้นด้วย

Han. et al. (2014, pp. 20-29) ได้ศึกษาผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ผ่านการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ว่ามีผลต่อนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์แตกต่างกันอย่างไร โดยตลอดระยะเวลาการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ โรงเรียนแต่ละแห่งมีการใช้ STEM PBL มาก่อนหน้าแล้วและมีการปรับปรุงทุก ๆ 6 เดือนเป็นเวลา 3 ปี ส่วนครูผู้สอนก็ได้เข้าร่วมรับการพัฒนาศูครมีอาชีพทางด้าน STEM อีกด้วย ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า กิจกรรมการเรียนการสอนแบบ STEM PBL ส่งผลทำให้ผลสัมฤทธิ์ในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้น และมีอัตราการเพิ่มขึ้นสูงสุดในกลุ่มนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ต่ำ และส่งผลทำให้ช่วยลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนลงมาอีกด้วย

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทาง สะเต็มศึกษา ส่งผลทำให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง สืบเสาะหาความรู้และวิจัยด้วยตนเอง นักเรียนจะมีความกระตือรือร้น รู้สึกสนุก พึงพอใจและอยากเข้ามามีส่วนในการทำกิจกรรม ส่งผลทำให้ระดับผลการเรียนของนักเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นลดช่องว่างของผลสัมฤทธิ์ให้แคบลง มองเห็นประโยชน์ของเทคโนโลยีและวิศวกรรมสามารถนำมาใช้แก้ปัญหา มีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์และสนใจเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น มีเจตคติที่ดีต่อการประกอบอาชีพที่ในสาขาเกี่ยวข้องกับ STEM เห็นคุณค่าของการเรียนรู้และมั่นใจว่าสามารถสำเร็จ การศึกษาได้ ส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถถ่ายโอนความรู้ ทักษะและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สู่การแก้ปัญหาในชีวิตจริงที่เผชิญหน้าและประยุกต์ใช้กับปัญหาใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นในโลกของความเป็นจริง และส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีความรู้ความสามารถที่จะดำรงชีวิตได้อย่างมีคุณภาพในศตวรรษที่ 21

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

#### 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างประชากร

##### 3.1.1 ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนขัติยะวงษา ตำบลเหนือเมือง อำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 52 คน จาก 2 ห้องเรียน

##### 3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์โรงเรียนขัติยะวงษา ตำบลเหนือเมืองอำเภอเมืองร้อยเอ็ด จังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 28 คน จาก 1 ห้องเรียน ซึ่งได้มาจากการเลือกกลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling) โดยการจับฉลากห้องเรียน

#### 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย มี 2 ชนิด คือ

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา วิชาเคมีเพิ่มเติม 3 ว30223 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 แผนการเรียนรู้อรวม 15 ชั่วโมง 5 สัปดาห์

3.2.2 เครื่องมือวัดผลการเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

3.2.2.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ (ต้องการใช้จริง 30 ข้อ)

3.2.2.2 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ ของรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2530, น. 60-65) เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

3.2.2.3 แบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2540, น. 70) เป็นแบบทดสอบแบบเลือกตอบ มี 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ

### 3.3 การสร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ มีขั้นตอนการสร้างและการหาคุณภาพดังต่อไปนี้

3.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 มีขั้นตอนในการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้

3.3.1.1 ศึกษาและวิเคราะห์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนขัติยะวงษา และหนังสือเรียนวิชาเคมี 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อนำมาออกแบบและสร้างเป็นสถานการณ์ให้สอดคล้องกับเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้

3.3.1.2 ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและหลักการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ตามหลักขั้นตอนของสำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ขึ้นกำหนดปัญหา เป็นขั้นที่ครูนำเสนอสถานการณ์ปัญหา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและมองเห็นปัญหา สามารถระบุสิ่งที่เป็นปัญหาที่นักเรียนอยากรู้หรืออยากเรียน และเกิดความสนใจที่จะค้นหาคำตอบ

2) ขึ้นทำความเข้าใจ เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องวางแผนการศึกษาค้นคว้าทำความเข้าใจอภิปรายปัญหาภายในกลุ่ม ระดมสมองคิดวิเคราะห์ เพื่อหาวิธีการหาคำตอบ ซึ่งครูต้องคอยช่วยเหลือหรือกระตุ้นให้เกิดการอภิปรายภายในกลุ่ม ให้นักเรียนเข้าใจในการวิเคราะห์ปัญหาจากแหล่งข้อมูล

3) ขึ้นดำเนินการศึกษาค้นคว้า เป็นขั้นที่นักเรียนกำหนดสิ่งที่จะต้องเรียน ดำเนินการศึกษาค้นคว้าด้วยตนเองจากวิธีการที่หลากหลาย



4) **ขั้นสังเคราะห์ความรู้** เป็นขั้นที่นักเรียนนำข้อมูลที่ค้นหาความรู้ที่ได้มาแลกเปลี่ยนระหว่างกันและกัน รวมถึงสังเคราะห์ความรู้ที่ได้มาว่ามีความเหมาะสมตามความคิดของกลุ่มหรือไม่

5) **ขั้นสรุปและประเมินค่าของคำตอบ** เป็นขั้นที่นักเรียนแต่ละกลุ่มต้องสรุปผลงานของกลุ่มตนเอง และประเมินผลงานว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยพยายามตรวจสอบแนวคิดภายในกลุ่มของตนเองอย่างอิสระ จากนั้นสรุปเป็นองค์ความรู้ใหม่ในการแก้ปัญหากลุ่ม

6) **ขั้นนำเสนอและประเมินผลงาน** นักเรียนนำข้อมูลที่นำมาจัดระบบองค์ความรู้ และนำเสนอเป็นผลงานในรูปแบบที่หลากหลาย ครูประเมินผลการเรียนรู้และทักษะกระบวนการแก้ปัญหา

3.3.1.3 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา รายวิชา เคมี 3 ว 30223 เรื่อง อัตรากาเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 10 แผน รวมเวลา 15 ชั่วโมง 5 สัปดาห์ดังตารางที่ 3.1

### ตารางที่ 3.1

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่าง เนื้อหา เวลา สารการเรียนรู้ และตัวชี้วัด เรื่อง อัตรากาเกิดปฏิกิริยาเคมี ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ชื่อแผนการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สารการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการ	1. ความหมายของอัตรากาเกิดปฏิกิริยาเคมี	
ความหมายของอัตรากาเกิดปฏิกิริยาเคมี	เปลี่ยนสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มี	2. แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีและพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี	1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี	ปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสาร	3. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรากาเกิดปฏิกิริยาเคมี	2

(ต่อ)

ตารางที่ 3.1 (ต่อ)

ชื่อแผนการเรียนรู้	ตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้	จำนวนชั่วโมง
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 พลังงานกับการ ดำเนินไปของ ปฏิกิริยาเคมี	สิ่งที่เรียนรู้ และนำ ความรู้ไปใช้ ประโยชน์	1) ความเข้มข้นของสาร กับอัตราการเกิด ปฏิกิริยาเคมี 2) พื้นที่ผิวของสารกับ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี	1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวัน		3) อุณหภูมิกับอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี 4) ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัว หน่วงปฏิกิริยาเคมี	2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่อ เกิดปฏิกิริยาเคมี			1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ความเข้มข้นของสารกับ อัตราการเกิดปฏิกิริยา			2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 พื้นที่ผิวของสารกับอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี			1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 อุณหภูมิกับอัตราการ เกิดปฏิกิริยา			2
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัว หน่วงปฏิกิริยา			1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 ผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับ จากเบคกิ้งโซดา			2

3.3.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ความชัดเจน ความเป็นไปได้ในการนำไปใช้ และให้ข้อเสนอแนะนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข

3.3.1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วย

1) นายชนะศักดิ์ ศรีสุทธีวงษา วุฒิ ค.ม. การศึกษาวิทยาศาสตร์ : เคมิ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนสารคามพิทยาคม ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา STEM

2) นางสุทิสรา อารามพงษ์ วุฒิ ศษ.ม. วิทยาศาสตร์ ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนขามแก่นนคร ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา STEM

3) อาจารย์ ดร.หทัยชนก คมเม่น วุฒิ วท.ค.เคมี ตำแหน่งอาจารย์ประจำหลักสูตร วิทยาศาสตร์ดุษฎีมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหา

4) นางจุฬารัตน ชุมพล วุฒิ กศ.ม. การวัดผลการศึกษา ตำแหน่งครูชำนาญการพิเศษ คศ.3 (กศ.ม. การวัดผลการศึกษา) โรงเรียนขัติยะวงษา ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

5) ตรวจสอบความเหมาะสมของแผนจัดการเรียนรู้ โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบประเมินของลิเคอร์ต (Likert) ซึ่งเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้ (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 103)

ระดับคะแนน	ระดับความเหมาะสม
5	เหมาะสมในระดับมากที่สุด
4	เหมาะสมในระดับมาก
3	เหมาะสมในระดับปานกลาง
2	เหมาะสมในระดับน้อย
1	เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

ใช้เกณฑ์ แปลผลดังนี้

ค่าเฉลี่ย	แปลความหมาย
4.51-5.00	เหมาะสมในระดับมากที่สุด
3.51-4.50	เหมาะสมในระดับมาก
2.51-3.50	เหมาะสมในระดับปานกลาง
1.51-2.50	เหมาะสมในระดับน้อย
1.00-1.50	เหมาะสมในระดับน้อยที่สุด

นำผลการประเมินที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ โดยให้ค่าความเหมาะสมเฉลี่ย 3.51 ขึ้นไปจึงถือว่าเป็นแผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้ได้ ผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ค่าความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้อยู่ในระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.83 (ภาคผนวก ค)

3.3.1.6 นำผลการตรวจสอบและพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้แก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้ได้แผนการจัดการเรียนรู้ที่ดี

3.3.1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 โรงเรียนขัติยะวงษา จังหวัดร้อยเอ็ด (ตัวอย่างแผนการสอนแสดงไว้ในภาคผนวก ก)

**3.3.2 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่องอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีวิธีการสร้างและหาคุณภาพ ดังนี้**

3.3.2.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และ/หรือหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนขัติยะวงษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหากับตัวชี้วัด เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบ

3.3.2.2 ศึกษาการสร้างแบบทดสอบจากหนังสือการวัดผลการศึกษา จากนั้นวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหา/สาระการเรียนรู้และตัวชี้วัด ดังตารางที่ 3.2

### ตารางที่ 3.2

วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหา ผลการเรียนรู้ที่คาดหวังจำนวน

เนื้อหา/ สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	จำนวนข้อสอบ	
		สร้างขึ้น	นำไปใช้
1. ความหมายของ อัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี	1. บอกความหมาย เขียนความสัมพันธ์ของ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	5	3
2. การคำนวณเกี่ยวกับ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา เคมี	2. สามารถคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ได้	6	3
3. แนวคิดเกี่ยวกับการ เกิดปฏิกิริยาเคมี	3. อธิบายแนวคิดของการเกิดปฏิกิริยาเคมีและ พลังงานก่อกัมมันต์ของปฏิกิริยาได้	10	5

(ต่อ)

## ตารางที่ 3.2 (ต่อ)

เนื้อหา/ สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง	จำนวนข้อสอบ	
		สร้างขึ้น	นำไปใช้
4. พลังงานกับการ ดำเนินไปของ ปฏิกิริยา	4. คำนวณพลังงานก่อกัมมันต์ พลังงานรวม ของปฏิกิริยาและบอกประเภทของปฏิกิริยา เคมีได้	10	5
	5. บอกพลังงานก่อกัมมันต์ พลังงานรวมของ ปฏิกิริยา สารกัมมันต์ ชั้นกำหนดอัตราและ บอกประเภทของปฏิกิริยาในปฏิกิริยาเคมีที่มี หลายขั้นตอนได้	10	5
5. ปัจจัยที่มีผลต่ออัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมี	6. บอกปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยา เคมีได้	6	2
	7. อธิบายผลของความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของ สารที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	6	3
	8. อธิบายผลของอุณหภูมิที่ส่งผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีได้	6	2
	9. อธิบายผลของตัวเร่งปฏิกิริยาที่ส่งผลต่อ อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้	6	2
รวม		60	30

3.3.2.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี 3 ว30223 จำนวน 1.5 หน่วยกิต เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ซึ่งเป็นแบบปรนัยชนิด เลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ (ต้องการใช้จริง 30 ข้อ)

3.3.2.4 นำแบบทดสอบเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญชุดเดิม จำนวน 5 ท่าน เพื่อตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยวิธีการหาค่า IOC โดยกำหนดคะแนนของผู้เชี่ยวชาญเป็น +1 หรือ 0 หรือ -1 ดังนี้

- |    |     |  |
|----|-----|--|
| +1 | คือ | แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้จริง |
| 0  | คือ | ไม่แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นวัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุไว้  |
| -1 | คือ | แน่ใจว่าข้อสอบข้อนั้นไม่ได้วัดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ระบุ  |

คัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50-1.00 ขึ้นไป (ไพศาล วรคำ, 2558, น. 269) และแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ซึ่งผลการประเมินแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ได้ค่า IOC อยู่ระหว่าง 0.60-1.00 (ภาคผนวก ค)

3.3.2.5 นำแบบทดสอบฉบับทดลองใช้ ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/2 โรงเรียนชาติยะวงษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด ซึ่งเป็นกลุ่มเดิมที่ได้ทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษามาแล้ว

3.3.2.6 คัดเลือกแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีค่าความยากระหว่าง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.20-1.00 (สุรวาท ทองบุ, 2550, น. 99) เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายเมื่อสิ้นสุดกระบวนการวิจัย พบว่า แบบทดสอบมีค่าความยากอยู่ระหว่าง 0.38-0.62 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.30-0.80 แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่ใช้ได้เพียง 30 ข้อ จากแบบทดสอบทั้งหมด (ภาคผนวก : ค)

3.3.2.7 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำนวน 30 ข้อ ไปหาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับโดยใช้สูตร Lovett Reliability ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์แบบทดสอบ (ปรกรณ์ ประจันบาน, 2552) ได้ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบเท่ากับ 0.65 (ภาคผนวก : ค)

3.3.2.8 จัดพิมพ์ข้อสอบที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพมาแล้ว ฉบับจริง เพื่อใช้ทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1

### 3.3.3 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ สร้างโดยรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม โดยยึดกรอบแนวคิดในการสร้างของสมาคมส่งเสริมความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ของอเมริกา (AAAS) จำนวนทั้งหมด 30 ข้อ เป็นแบบเลือกตอบมี 4 ตัวเลือกใช้เวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งมีค่าอำนาจจำแนก (Discrimination Power) ระหว่าง .270 ถึง .710 และมีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ (Reliability) เท่ากับ .921 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ประกอบด้วยทักษะด้านต่าง ๆ 5 ทักษะคือ

- |  |           |
|--|-----------|
| 1. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ         | มี 3 ข้อ  |
| 2. การตั้งสมมติฐาน                     | มี 6 ข้อ  |
| 3. การกำหนดและควบคุมตัวแปร             | มี 4 ข้อ  |
| 4. การทดลอง                            | มี 7 ข้อ  |
| 5. การแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป | มี 10 ข้อ |

ในการตรวจสอบให้คะแนนแต่ละข้อมีเกณฑ์ ดังนี้

ข้อที่ตอบถูกต้อง	ให้ 1 คะแนน
ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบ	ให้ 0 คะแนน

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ดังภาคผนวก ข

### 3.3.4 แบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ซึ่งสร้างโดยรองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม ได้ปรับปรุงจากแบบวัดของ บรรทม เครือวัลย์ (2530, น. 39- 40) ซึ่งสร้างโดยใช้กรอบแนวคิดของ Haney (1969, pp. 198–204) สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นแบบทดสอบแบบปรนัย แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ทั้งหมด 40 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที ได้ค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.80 ค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.21 ถึง 0.67 ลักษณะของแบบทดสอบนี้มุ่งวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ 8 ด้าน ดังนี้

- |  |       |
|--|-------|
| 1. ด้านความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)                 | 5 ข้อ |
| 2. ด้านความมีเหตุผล (Rationality)                      | 5 ข้อ |
| 3. ด้านความรอบคอบการลงข้อสรุป (Suspended - Judgment)   | 4 ข้อ |
| 4. ทานความมีใจกว้าง (Open-Mindedness)                  | 5 ข้อ |
| 5. ด้านความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Mindedness) | 5 ข้อ |
| 6. ความเป็นปรนัย (Objective)                           | 6 ข้อ |
| 7. ด้านความซื่อสัตย์ (Honesty)                         | 4 ข้อ |
| 8. ด้านการยอมรับข้อจำกัด Humility)                     | 6 ข้อ |

การตรวจให้คะแนนแต่ละข้อมีเกณฑ์การให้ ดังนี้

ข้อที่ตอบถูก ให้ 1 คะแนน

ข้อที่ตอบผิดให้ 0 คะแนน

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ดังภาคผนวก ข

## 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

### 3.4.1 การวางแผนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi - Experimental Research) ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย One Group Pretest - Posttest Design (Fitz-Gibbon, 1987, p. 113) ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยดังนี้

### ตารางที่ 3.3

แบบแผนการวิจัย *One Group Pretest - Posttest Design*

กลุ่มตัวอย่าง	การทดลอง	ทดสอบหลังเรียน
T <sub>1</sub>	X	T <sub>2</sub>

หมายเหตุ. สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัยเชิงทดลอง

T <sub>1</sub>	หมายถึง	การทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้
X	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา
T <sub>2</sub>	หมายถึง	การทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้

#### 3.4.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมด้วย ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 15 ชั่วโมง 5 สัปดาห์ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

##### 3.4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1) ผู้วิจัยนำหนังสือจากทางคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม เพื่อขออนุญาตและขอความร่วมมือ จากผู้บริหาร โรงเรียนขัติยะวงษา อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด เพื่อขออนุญาตทดลองเก็บรวบรวมข้อมูล

2) ผู้วิจัยอธิบายบทบาท หน้าที่ของนักเรียน บทบาทของผู้วิจัยและวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตลอดจนเก็บข้อมูลพื้นฐานและสภาพปัญหาก่อนลงมือปฏิบัติและให้นักเรียนเตรียมตัวเพื่อรับการทดสอบก่อนเรียน เพื่อให้นักเรียนเตรียมความพร้อมของตนเองในการวิจัย

##### 3.4.2.2 ขั้นตอนการทดลอง

ดำเนินการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้ (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างโดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วเก็บรวบรวมผลการทดสอบก่อนการจัดการเรียนรู้เพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบต่อไป

1) ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ให้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ต่อเนื่องกัน 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 ชั่วโมง รวมเวลาทั้งหมด 15 ชั่วโมง



2) เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ตามกำหนด ผู้วิจัยทำการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างอีกครั้ง โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ แล้วเก็บรวบรวมผลการทดสอบไว้

#### 3.4.2.3 ขั้นหลังการทดลอง

1) ผู้วิจัยนำผลที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและแบบวัดเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา มาวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสถิติต่อไป

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.5.1 หาประสิทธิภาพของแผน ( $E_1/E_2$ ) การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตามเกณฑ์ที่กำหนด 75/75 โดยวิเคราะห์หาค่าคะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าร้อยละของคะแนนทดสอบระหว่างเรียน-หลังเรียน

3.5.2 เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียน โดยการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา โดยวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D) และทดสอบด้วยสถิติ One sample t – test

### 3.6 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการใช้สถิติ วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อการวิจัย ดังต่อไปนี้

#### 3.6.1 สถิติหาคุณภาพเครื่องมือ

3.6.1.1 หาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนโดยใช้วิธีหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) โดยใช้สูตร ดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, น. 220-221)

$$IOC = \frac{\sum R}{N} \quad (3.1)$$

เมื่อ	$IOC$	แทน	ดัชนีความสอดคล้องมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง +1
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	$N$	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

3.6.1.2 หากำอำนาจจำแนก (Discrimination) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรของเบรนนัน (Brennan) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 90)

$$B = \frac{U}{N_1} - \frac{L}{N_2} \quad (3.2)$$

เมื่อ	$B$	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	$U$	แทน	จำนวนคนรอบรู้ หรือสอบผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก
	$L$	แทน	จำนวนคนไม่รอบรู้ หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์ที่ตอบถูก
	$N_1$	แทน	จำนวนคนรอบรู้ (หรือสอบผ่านเกณฑ์)
	$N_2$	แทน	จำนวนคนไม่รอบรู้ (หรือสอบไม่ผ่านเกณฑ์)

3.6.1.3 หากำความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยใช้วิธีของโลเวท (Lovett) (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 96)

$$r_{cc} = 1 - \frac{k \sum x_i - \sum x_i^2}{(k-1) \sum (x_i - C)^2} \quad (3.3)$$

เมื่อ	$r_{cc}$	แทน	ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
	$k$	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบทั้งฉบับ
	$X_i$	แทน	คะแนนสอบของนักเรียนแต่ละคน
	$C$	แทน	คะแนนจุดตัด

3.6.2 สถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (บุญชม ศรีสะอาด, 2545, น. 101-102)

3.6.2.1 สถิติหาประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ (ชัยวงศ์ พรหมวงศ์, 2532, น. 129) กำหนดโดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{สูตร 1 } E_1 = \frac{\sum X}{A} \times 100 \quad (3.4)$$

เมื่อ	$E_1$	แทน	ประสิทธิภาพของกระบวนการ
	$\sum X$	แทน	คะแนนรวมของแบบพฤติกรรมกรเรียนรู้ระหว่างเรียน และแบบประเมินผลงานระหว่างเรียน
	$A$	แทน	คะแนนเต็มของแบบประเมินพฤติกรรมกรเรียนรู้ระหว่างเรียน และแบบประเมินผลงานระหว่างเรียน ทุกแผนร่วมกัน
	$N$	แทน	จำนวนผู้เรียน

$$\text{สูตร } E_2 = \frac{\sum X}{B} \times 100$$

เมื่อ	$E_2$	แทน	ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
	$\sum X$	แทน	คะแนนรวมของผลลัพธ์ระหว่างเรียน และแบบประเมินผลงานระหว่างเรียน
	$B$	แทน	คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้
	$N$	แทน	จำนวนผู้เรียน

3.6.2.2 สถิติทดสอบสมมติฐาน ใช้ Paired t – test (ไพทอร์ย์ สุขศรีงาม และอรไท สี่หาบุญมี, 2559)

## บทที่ 4

### ผลการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ตามลำดับดังต่อไปนี้

#### 4.1 สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันการสื่อความหมาย ผู้วิจัยได้กำหนดความหมายของสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
n	แทน	จำนวนนักเรียน
S.D.	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	สถิติทดสอบที่ใช้พิจารณา t-distribution
df	แทน	ระดับขั้นของความเสรี (Degrees of Freedom)

#### 4.2 ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการศึกษากิจการผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับขั้นตอนและปรากฏผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

**ตอนที่ 1** การวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**ตอนที่ 2** การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ โดยรวม และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ โดยรวม ก่อนและหลังการจัดการ

เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**ตอนที่ 3** การเปรียบเทียบคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเป็นรายด้านก่อนเรียนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

**ตอนที่ 4** ผลการเปรียบเทียบคะแนนเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์เป็นรายด้าน ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

### 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

**ตอนที่ 1** ผลการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากการปฏิบัติกิจกรรมระหว่างเรียน ทดสอบย่อยหลังเรียนแต่ละแผน โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ประสิทธิภาพ 75/75 ปรากฏดังตาราง 4.1

#### ตารางที่ 4.1

คะแนนเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและร้อยละของคะแนนจากการทดสอบย่อยหลังเรียนแต่ละแผนระหว่างการจัดกิจกรรมจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาวิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

กิจกรรมการเรียนรู้	แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	คะแนนเต็ม ( 40 )	$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละ
แบบสะเต็มศึกษา	1	40	36.86	2.90	92.14
	2	40	36.86	4.32	92.14
	3	40	31.82	4.38	79.55
	4	40	32.29	1.48	80.71
	5	40	32.00	3.55	80.00
	6	40	29.43	5.78	73.57
	7	40	30.00	5.40	75.00

(ต่อ)

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

กิจกรรมการ เรียนรู้	แผนการ จัดกิจกรรมการเรียนรู้	คะแนนเต็ม ( 40 )	$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละ
แบบสะสม เต็ม ศึกษา	8	40	35.21	2.41	88.04
	9	40	32.57	3.50	81.43
	10	40	33.07	3.72	82.68
โดยรวม					82.53

จากตารางที่ 4.1 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยของแต่ละแผนจากการระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะสมเต็มศึกษาอยู่ระหว่าง 29.43–36.86 คิดเป็นร้อยละ 73.57–92.14 ของคะแนนเต็ม และมีคะแนนเฉลี่ยรวม 330.11 คิดเป็นร้อยละ 82.53 ของคะแนนเต็ม

ตารางที่ 4.2

ประสิทธิภาพของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวสะสมเต็มศึกษาวิชาเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

คะแนน	คะแนนเต็ม	แบบสะสมเต็มศึกษา		
		$\bar{x}$	S.D.	ร้อยละ
ด้านกระบวนการ ( $E_1$ )	400	330.11	15.12	82.53
ด้านผลลัพธ์ ( $E_2$ )	40	30.93	2.05	77.32
( $E_1 / E_2$ ) เท่ากับ 82.53 / 77.32				

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนมีคะแนน  $E_1$  คะแนนเฉลี่ยระหว่างจากการปฏิบัติกิจกรรมและการทำแบบทดสอบย่อยหลังเรียนทั้ง 10 แผน โดยใช้กิจกรรมการเรียนรู้แบบสะสมเต็มศึกษา ( $E_1$ ) คิดเป็นร้อยละ 82.53 คะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียน ( $E_2$ ) คิดเป็นร้อยละ 77.32 ดังนั้นประสิทธิภาพของแผนตามแนวสะสมเต็มศึกษา  $E_1/E_2$  มีค่าเท่ากับ 82.53/77.32

**ตอนที่ 2** ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการโดยรวม และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวม ก่อนและหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ดังนี้

### ตารางที่ 4.3

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการโดยรวม และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ โดยรวม ก่อนเรียนและหลังเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ผลการเรียนรู้	คะแนนเต็ม	ก่อนเรียน (n=28)		หลังเรียน (n=28)		t	p
		$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D		
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	30	13.11 (43.700)	2.65	19.71 (65.700)	2.82	-12.174	<.001*
ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ชั้น บูรณาการ โดยรวม	30	15.36 (51.200)	2.80	20.75 (69.167)	2.56	-9.403	<.001*
เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ โดยรวม	40	24.71 (61.775)	2.77	32.04 (80.100)	1.59	-11.582	<.001*

หมายเหตุ. \* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาก่อนเรียน มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนโดยรวม ( $\bar{X} = 13.11$  คิดเป็นร้อยละ 43.700 ของคะแนนเต็ม) ต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการก่อนเรียนโดยรวม ( $\bar{X} = 15.36$  คิดเป็นร้อยละ 51.200 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนโดยรวม ( $\bar{X} = 24.71$  คิดเป็นร้อยละ 61.775 ของคะแนนเต็ม) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาหลังเรียน นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ ( $\bar{X} = 19.71$  คิดเป็นร้อยละ 65.700 ของคะแนนเต็ม) คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการหลังเรียนโดยรวม ( $\bar{X} = 20.75$  คิดเป็นร้อยละ 69.167 ของคะแนนเต็ม) และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์

หลังเรียนโดยรวม ( $\bar{X} = 32.04$  คิดเป็นร้อยละ 80.100 ของคะแนนเต็ม) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทั้ง 3 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $p < .001$ )

#### ตารางที่ 4.4

การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ เป็นรายด้าน ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

ทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ	คะแนนเต็ม	วิธีการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา				t	p
		ก่อนเรียน (n = 28)		หลังเรียน (n = 28)			
		$\bar{X}$	S.D	$\bar{X}$	S.D		
1. การกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการ	3	1.357 (45.238)	0.621	2.036 (67.857)	0.637	-4.385	<.001*
2. การตั้งสมมติฐาน	6	3.857 (64.286)	0.970	4.821 (80.357)	0.945	-4.926	<.001*
3. การกำหนดและควบคุม ตัวแปร	4	2.036 (50.893)	1.347	3.107 (77.679)	0.875	-3.576	<.001*
4. การทดลอง	7	3.143 (44.898)	1.208	4.107 (58.673)	1.397	-2.843	<.004*
5. การแปลความหมาย ข้อมูลและการลงข้อสรุป	10	4.964 (49.643)	1.232	6.679 (66.786)	1.156	-5.490	<.001*

หมายเหตุ.\* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากตาราง 4.4 พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการก่อนเรียน ด้านการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ( $\bar{X} = 1.357$  คิดเป็นร้อยละ 45.238 ของคะแนนเต็ม) ด้านการทดลอง ( $\bar{X} = 3.143$  คิดเป็นร้อยละ 44.898 ของคะแนนเต็ม) และด้านการแปลความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ( $\bar{X} = 4.964$  คิดเป็นร้อยละ 49.643) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม แต่มีด้านการตั้งสมมติฐาน ( $\bar{X} = 3.857$  คิดเป็นร้อยละ 64.286 ของ



คะแนนเต็ม) และด้านการกำหนดและควบคุมตัวแปร ( $\bar{X} = 2.036$  คิดเป็นร้อยละ 50.893) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังเรียนเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนมีทักษะทั้ง 5 ด้าน ( $\bar{X} = 2.036 - 6.679$  คิดเป็นร้อยละ 58.673 – 80.357 ของคะแนนเต็ม) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยทักษะดังกล่าวทั้ง 5 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $p \leq 0.001$ )

#### ตารางที่ 4.5

ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ย ของเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นรายด้านก่อนและหลังเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา				t	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน			
		$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D		
1. ด้านความอยากรู้อยากเห็น (Curiosity)	5	3.464 (69.286)	0.962	4.393 (87.857)	0.629	-5.461	<.001*
2. ด้านความมีเหตุผล (Rationality)	5	1.607 (32.143)	0.916	3.000 (60.000)	0.981	-6.005	<.001*
3. ด้านความรอบคอบการลงข้อสรุป (Suspended - Judgment)	4	2.750 (68.750)	0.844	3.143 (78.571)	0.803	-1.784	.043*
4. ด้านความมีใจกว้าง (Open-Mindedness)	5	4.143 (82.857)	0.803	4.607 (92.143)	0.497	-2.931	.035*
5. ด้านความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ (Critical Mindedness)	5	3.607 (72.143)	1.227	4.607 (92.143)	0.567	-4.861	.004*

(ต่อ)

ตารางที่ 4.5 (ต่อ)

เจตคติเชิงวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา				t	p
		ก่อนเรียน		หลังเรียน			
		(n = 30)		(n = 30)			
		$\bar{x}$	S.D	$\bar{x}$	S.D		
6. ความเป็นปรนัย (Objective)	6	3.500 (58.333)	1.13 9	4.571 (76.190)	0.790	-4.014	<.001*
7. ด้านความซื่อสัตย์ (Honesty)	4	1.964 (49.107)	0.88 1	2.929 (73.214)	0.858	-4.926	<.001*
8. ด้านการยอมรับข้อจำกัด (Humility)	6	3.679 (61.310)	0.90 5	4.786 (79.762)	0.957	-4.276	<.001*

จากตาราง 4.5 พบว่า นักเรียนที่เรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษามีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ด้านความอยากรู้ อยากเห็น ( $\bar{X} = 3.464$  คิดเป็นร้อยละ 69.286 ของคะแนนเต็ม) ด้านความมีเหตุผล ( $\bar{X} = 1.607$  คิดเป็นร้อยละ 32.143 ของคะแนนเต็ม) และด้านความซื่อสัตย์ ( $\bar{X} = 1.964$  คิดเป็นร้อยละ 49.107) ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม แต่มีด้านความรอบคอบการลงข้อสรุป ( $\bar{X} = 2.750$  คิดเป็นร้อยละ 68.750 ของคะแนนเต็ม) ด้านความมีใจกว้าง ( $\bar{X} = 4.143$  คิดเป็นร้อยละ 82.857 ของคะแนนเต็ม) ด้านความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ( $\bar{X} = 3.607$  คิดเป็นร้อยละ 72.143 ของคะแนนเต็ม) และด้านการยอมรับข้อจำกัด ( $\bar{X} = 3.679$  คิดเป็นร้อยละ 61.310) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม

หลังเรียนเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา นักเรียนมีเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 8 ด้าน ( $\bar{X} = 4.393 - 4.786$  คิดเป็นร้อยละ 60.00 – 92.143 ของคะแนนเต็ม) ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 50 ของคะแนนเต็ม โดยนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ดังกล่าวทั้ง 8 ด้าน เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ( $p \leq 0.035$ )

## บทที่ 5

### สรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการสรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ ดังต่อไปนี้

#### 5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์

5.1.1 เพื่อพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75

5.1.2 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังเรียนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

#### 5.2 สรุปผลการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา สรุปผลได้ดังนี้

5.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.53/ 77.32 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้

5.2.2 นักเรียนที่เรียนรูปแบบสะเต็มศึกษาหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการโดยรวมและเป็นรายด้าน 5 ด้าน คือ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลองและการแปลความหมายข้อมูลและกรลงข้อสรุป และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมและเป็นรายด้าน 8 ด้าน คือ ด้านความอยากรู้อยากเห็น ด้านความมีเหตุผล ด้านความรอบคอบการลงข้อสรุป

ด้านความมีใจกว้าง ด้านความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ความเป็นปณัย ด้านความซื่อสัตย์ และด้านการยอมรับข้อจำกัด เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

### 5.3 อภิปรายผลการวิจัย

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จากผลการวิจัย สามารถนำประเด็นสำคัญที่นำมาอภิปรายผลมีดังต่อไปนี้

5.3.1 แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษา วิชาเคมี เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 82.53/ 77.32 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 ที่ตั้งไว้ หมายความว่าผู้เรียนได้คะแนนค่าเฉลี่ยจากการประเมินระหว่างเรียนการทำแบบทดสอบย่อย การประเมินผลงานคิดเป็นร้อยละ 82.53 และได้คะแนนค่าเฉลี่ยจากการแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนคิดเป็นร้อยละ 77.32 แสดงว่า แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ 75/75 การที่แผนการเรียนรู้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์เนื่องมาจาก

5.3.1.1 แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีกระบวนการสร้างตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบและวิธีการที่เหมาะสมคือได้ศึกษาหลักสูตรมีภาระหลักสูตรและเนื้อหาศึกษาแนวทางในการเขียนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง ลงมือสร้างแผนแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามที่ได้ศึกษา แล้วนำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และผู้เชี่ยวชาญเพื่อพิจารณาแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไข ทั้งในด้านแผนการจัดกิจกรรมโดยรวม ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เนื้อหา กิจกรรม สื่อและการประเมินผล และผ่านการตรวจแก้ไขจากผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆอย่างสมบูรณ์ก่อนจะนำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองสอน เพื่อหาข้อบกพร่องจึงมีผลทำให้แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ แผนการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จึงถือได้ว่าเป็นแผนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 75/75 และบรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.3.1.2 การพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา เป็นการจัดกิจกรรมเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญของการเรียนรู้ กล่าวคือผู้เรียนได้ร่วมกันวางแผนการปฏิบัติภาระงานร่วมกันรับผิดชอบต่อการเรียนรู้ของตนเองและกลุ่ม ทำให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมายมีความกระตือรือร้นในการเรียนช่วยให้ผู้เรียนพัฒนาทักษะทางสังคมการปฏิสัมพันธ์ต่อกันในเชิงบวกและส่งผลต่อการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2542, น. 12) หมวด 4 แนวทางการจัดการศึกษามาตรา 22 ที่กล่าวว่าจัดการศึกษาต้องยึดหลักว่าผู้เรียนทุกคนมีความสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้และถือว่าผู้เรียนมีความสำคัญที่สุดกระบวนการจัดการศึกษาต้องส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถพัฒนาตามธรรมชาติและเต็มตามศักยภาพ

5.3.2 นักเรียนที่เรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการโดยรวมและเป็นรายด้าน 5 ด้าน คือ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลองและการแปลความหมายข้อมูลและกรลงข้อสรุป และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์โดยรวมและเป็นรายด้าน 8 ด้าน คือ ด้านความอยากรู้อยากเห็น ด้านความมีเหตุผล ด้านความรอบคอบการลงข้อสรุป ด้านความมีใจกว้าง ด้านความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ความเป็นปรนัย ด้านความซื่อสัตย์ และด้านการยอมรับข้อจำกัด เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ผู้วิจัยอภิปรายผลดังนี้

นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาหลังเรียน มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนโดยรวม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการหลังเรียนโดยรวมและเป็นรายด้าน 5 ด้าน คือ การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การตั้งสมมติฐานการกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลองและการแปลความหมายข้อมูลและกรลงข้อสรุป และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนโดยรวมและเป็นรายด้าน 8 ด้าน คือ ด้านความอยากรู้อยากเห็น ด้านความมีเหตุผล ด้านความรอบคอบการลงข้อสรุป ด้านความมีใจกว้าง ด้านความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ ความเป็นปรนัย ด้านความซื่อสัตย์ และด้านการยอมรับข้อจำกัด เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 สอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

ด้วยเหตุผลและกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวข้างต้น การจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษาจึงทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ วิชาเคมีเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องบางส่วนกับผลงานวิจัยของ Scott (2012) ที่ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้บูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ในโรงเรียนในประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่านักเรียนที่สมัครใจเข้าร่วมห้องเรียน STEM มีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างๆ เพิ่มขึ้นได้ดีกว่าเด็กนักเรียนระดับเดียวกันแต่ไม่ได้เข้าร่วม และยังสอดคล้องบางส่วนกับผลงานวิจัยของ Dowey (2013) ที่ได้ศึกษาเจตคติ ความสนใจและการรับรู้ความสามารถของตนเองต่อวิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนในหลักสูตร STEM พบว่านักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ในหลักสูตร STEM มีเจตคติและความสนใจต่อวิชาวิทยาศาสตร์สูงขึ้น และ Tseng และคณะ (2013) ได้ศึกษาเจตคติต่อการบูรณาการวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ (STEM) ในการเรียนรู้แบบโครงการมี

จุดประสงค์เพื่อศึกษาเจตคติก่อนและหลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้โครงงานเป็นฐานที่บูรณาการ STEM กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยนี้คือผู้ที่เริ่มทำงานใหม่ในสถาบันเทคโนโลยีในได้วัน จำนวน 5 แห่ง รวม 30 คน ผลการศึกษาพบว่า กลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยโครงงานเป็นฐาน มีเจตคติต่อวิศวกรรมเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญ การที่ผลปรากฏเช่นนี้เพราะเนื่องจากการสอนแบบ STEM นักเรียนได้มีโอกาสเรียนรู้โดยลงมือปฏิบัติกิจกรรม (Learning by doing) เรียนโดยการสร้างความรู้ ความเข้าใจด้วยตนเอง ตามกระบวนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) และเรียนโดยการทำงานเป็นกลุ่มทำให้มีการปรึกษาหารือแสดงความคิดเห็นได้แย่งร่วมกัน จนกระทั่งได้ความรู้ที่มีความเหมาะสมต่อตนเองและเพิ่มขึ้นจากก่อนเรียน

## 5.4 ข้อเสนอแนะ

ในการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ผู้วิจัยได้ลงมือจัดการสอนด้วยตัวเองซึ่งได้พบปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการสอนจึงได้เขียนข้อเสนอแนะให้ผู้ที่เกี่ยวข้องที่จะนำแนวทางสะเต็มศึกษาสู่การจัดการเรียนการสอนในห้องเรียน ดังนี้

### 5.4.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

5.4.1.1 ในการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีแล้วบูรณาการร่วมกับวิชาเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ โดยมีจุดประสงค์การเรียนรู้ให้นักเรียนได้ออกแบบชิ้นงานเพื่อใช้แก้ปัญหาที่นักเรียนกำลังเผชิญหน้าอยู่ ซึ่งตามกระบวนการจัดการเรียนรู้ในตอนท้ายจะต้องให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงานของแต่ละกลุ่มที่ได้ร่วมกันออกแบบชิ้นงานให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ได้รับฟังถึงแนวทางในการในการออกแบบชิ้นงานและแนวทางในการแก้ปัญหาของกลุ่มเพื่อที่จะให้นักเรียนกลุ่มอื่น ๆ ได้ซักถามโต้แย้ง ซึ่งจะเป็นการแลกเปลี่ยนเรียนรู้ระหว่างตัวนักเรียนเอง และยังฝึกให้นักเรียนได้รับฟังและยอมรับในความคิดเห็นต่างของนักเรียนกลุ่มอื่นด้วย แต่ในการจัดการเรียนการสอนในครั้งนี้ผู้วิจัยไม่สามารถให้นักเรียนได้นำเสนอครบตามขั้นตอนได้ เพราะเนื่องมาจากว่าทางโรงเรียนได้มีกิจกรรมที่นักเรียนจะต้องเข้าร่วมจึงทำให้กิจกรรมการนำเสนอชิ้นงานในตอนท้ายนี้ไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ อีกทั้งยังเป็นสัปดาห์สุดท้ายที่ผู้วิจัยใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและสัปดาห์ต่อไปต้องส่งมอบหน้าที่ให้ครูประจำการได้ทำหน้าที่ต่อไป ดังนั้น เพื่อให้ครบตามกระบวนการจัดการเรียนการสอนต้องให้นักเรียนได้นำเสนอชิ้นงาน ด้วยเหตุผลดังกล่าวมาแล้ว

5.4.1.2 ในขั้นตอนของการออกแบบทางวิศวกรรมและเทคโนโลยียังเป็นสิ่งใหม่สำหรับนักเรียนทำให้นักเรียนยังไม่คุ้นชินมากนัก ถ้านักเรียนไม่สามารถผ่านกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งไปได้ หรือทำตามขั้นตอนนั้นผิด ก็อาจทำให้ไม่สามารถผ่านสู่ขั้นตอนกระบวนการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยีต่อไปและอาจทำให้กระบวนการเรียนรู้ล่าช้าไป โดยเฉพาะขั้นระบุปัญหาซึ่งเป็นขั้นเริ่มต้นของกระบวนการทางวิศวกรรมและเทคโนโลยี และขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นสำหรับการแก้ไขปัญหาหรือสถานการณ์ตามเงื่อนไขที่กำหนด โดยวิเคราะห์ว่าจะใช้ความรู้ในเรื่องใดบ้างในการแก้ไขปัญหาและต้องสรุปองค์ความรู้ที่รวบรวมทั้งต้องทำการทดลองเพื่อประกอบการตัดสินใจเลือกสารเคมี และอุปกรณ์ที่จะใช้ในการแก้ไขปัญหา พร้อมบอกเหตุผลประกอบด้วยตัวของตัวเองทั้งหมดถ้านักเรียนไม่สามารถสังเคราะห์ข้อมูลที่หามาได้หรือไม่สามารถบอกเหตุผลประกอบเองได้ ก็ไม่สามารถผ่านไปสู่ขั้นตอนต่อไปได้เช่นเดียวกัน ส่วนขั้นตอนการออกแบบชิ้นงาน ขึ้นทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล ขึ้นประเมินและปรับปรุง จากการเรียนการสอนที่ผู้วิจัยพบเจอคือได้ว่านักเรียนสามารถดำเนินการไปได้ไม่ยากมากนัก ดังนั้น ครูผู้สอนจึงควรดูแลนักเรียนอยู่ตลอดเวลา เพื่อคอยแนะนำ ชี้แนะแนวทางให้นักเรียนเลือกปัญหา สังเคราะห์ข้อมูลและสามารถบอกเหตุผลในการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องด้วยตัวของตัวเองและใช้เวลากับนักเรียนมากพอด้วย

5.4.1.3 ในการจัดการศึกษาสะเต็มศึกษา มีความจำเป็นที่ต้องใช้สื่อนวัตกรรม และเทคโนโลยีร่วมด้วย เพื่อใช้ในการสืบค้นข้อมูลเพื่อพิจารณา วิเคราะห์ สังเคราะห์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา ณ ตอนนั้น เวลานั้นที่นักเรียนเผชิญกับปัญหาโดยเฉพาะฐานข้อมูลที่มีอยู่มากมายทางอินเทอร์เน็ตแต่การจากปัญหาที่พบด้วยตัวผู้วิจัยเองพบว่า นักเรียนยังไม่สามารถเข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้อย่างทันท่วงทีที่ต้องการใช้ทำให้นักเรียนไม่สามารถสืบค้นข้อมูลมาใช้แก้ปัญหาได้ จึงส่งผลให้การจัดการเรียนการสอนล่าช้าออกไปหรือไม่สิ้นสุดตามกิจกรรมที่ออกแบบไว้แผนการจัดการเรียนรู้หรือไม่สามารถดำเนินการต่อไปได้ ดังนั้น ทางโรงเรียนจึงต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้อย่างทันท่วงที

5.4.1.4 ในการให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการครูผู้สอนควรมีการทบทวนความรู้ทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการเสียก่อนเพื่อให้นักเรียนได้ทำกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง เพราะในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้เวลา น้อยในการทบทวนความรู้เกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ และจากการวิจัยที่พบควรที่จะเน้นทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการด้วย เพราะนักเรียนยังมีความสับสนอยู่มากอาจทบทวนก่อนที่จะจัดกิจกรรมการเรียนการสอน หรือ ก่อนการทดลองก็ได้

#### 5.4.2 ข้อเสนอแนะเพื่อทำการวิจัยครั้งต่อไป

5.4.2.1 ควรวิจัยและพัฒนากิจกรรมสะเต็มศึกษาโดยการร่วมมือกันของครูผู้สอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษา เพื่อช่วยกันออกแบบกิจกรรมสะเต็มศึกษาให้ชัดเจนและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

5.4.2.2 ควรทำการศึกษาวิจัยผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับตัวแปรอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดขั้นสูง ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ การรู้วิทยาศาสตร์ เป็นต้น



มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY





**บรรณานุกรม**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

## บรรณานุกรม

- กมลฉัตร กล่อมอ้อม, ชัยวัฒน์ นามนาค, วารินทร์ แก้วอุไร และวิเชียร ชำรงโสตติสกล. (2557). การพัฒนารูปแบบการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ด้วยการช่วยเสริมศักยภาพ เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ด้านการแก้ปัญหา สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร*, 16(2), 129-139.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). *การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง*. เอกสารชุดแนวทางปฏิรูปการศึกษาในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา. กรุงเทพฯ: การศาสนา.
- กระทรวงศึกษาธิการ, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. สืบค้นจาก <http://www.curriculum51.net/viewpage.php>
- จรัส อินทลาภาพร, มารุต พัฒนาผล, วิชัย วงษ์ใหญ่. (2558). การศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ตามแนวสะเต็มศึกษาสำหรับผู้เรียนระดับประถมศึกษา. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, (8)1, 62-74.
- จิราณี เมืองจันทร์. (2557). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิค STAD แบบผสมผสานเรื่องคำสั่ง ควบคุมการทำงานของโปรแกรมสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต)*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2532). *ชุดการสอนระดับประถมศึกษา เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนระดับประถมศึกษา หน่วยที่ 8-15*. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- แขง, เรย์มอนด์. (2555). *เคมี เล่ม 1 (ทวิชัย อมรศักดิ์ชัย, ยุทธนา ตันติรุ่งโรจน์ชัย ทินกร เตียนสิงห์ และ พรสวรรค์ อมรศักดิ์ชัย, ผู้แปลและเรียบเรียง)* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: แมคกรอ-ฮิล
- ทวีป แซ่ฉิน. (2556). *การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวทฤษฎี Constructionism เพื่อพัฒนาทักษะการเขียนโปรแกรมด้วยโปรแกรม App Inventor สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรศึกษามหาบัณฑิต)*. พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ธานี จันทร์นาง. (2556). *สะท้อนความคิดจากประสบการณ์การใช้กิจกรรม STEM Education ในห้องเรียน*. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, 19, 29-36.

- บรรทม เครือวัลย์. (2530). การศึกษาเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนวิทยาศาสตร์ – คณิตศาสตร์ ปีการศึกษา 2529 (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต). มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- บุญชม ศรีสะอาด. (2545). การวิจัยเบื้องต้น (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ปกรณ์ ประจัญบาน. (2552). ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์. พิษณุโลก: รัตนสุวรรณการพิมพ์.
- ปราณี กองจินดา. (2549). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และทักษะการคิดเลขในใจของนักเรียนที่ได้รับการสอนตามรูปแบบชิปปาโดยใช้ แบบฝึกหัดที่เน้นทักษะการคิดเลขในใจกับนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยใช้คู่มือครู (วิทยานิพนธ์หลักสูตรและการสอน). พระนครศรีอยุธยา: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- พรทิพย์ ศิริภัทรราชย์. (2556). STEM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร Executive Journal*, 3(2), 49-56.
- พลศักดิ์ แสงพรหมศรี. (2558). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงและเจตคติต่อการเรียนเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษากับแบบปกติ, *วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม*, 9(ฉบับพิเศษ), 401-418.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2530). การสร้างและพัฒนาแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์. สำนักทดสอบทางการศึกษาและ จิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.
- พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- พิชิต ฤทธิ์จัญญ. (2545). การวิจัยเพื่อพัฒนาการเรียนรู้ : ปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2530). แนวคิดเกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์, *วารสารวิจัยและพัฒนาการเรียนการสอน*. 2(2), 1-8.
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2531). ความแตกฉานด้านวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยี (Scientific – Technological Literacy), *วารสารวิจัยและพัฒนาการเรียนการสอน*. 3(1), 6–11.
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2540). การศึกษาความต้องการเพิ่มสมรรถภาพการสอนของครูวิทยาศาสตร์ที่มีเพศต่างกัน. *ประสบการณ์ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์และสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ที่สอนต่างกัน*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, อรไท สีหาบุญมี. (2559). *เอกสารแนะนำโปรแกรม SPSS*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- ไพศาล วรคำ. (2558). *การวิจัยทางการศึกษา (Educational Research)*. กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

- มนตรี จุฬาวัดทนทล. (2556). การศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมและคณิตศาสตร์ หรือ“สะเต็ม”. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*. กรุงเทพฯ 19, 3-14.
- รักษพล ชนานวงค์. (2556). *รายงานสรุปการประชุมเชิงปฏิบัติการ STEM Education*. สืบค้นจาก <http://www.slideshare.net/focusphysics/stem-workshop-summary>
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2544). *การสอนวิทยาศาสตร์ ที่เน้นทักษะกระบวนการ (พิมพ์ครั้งที่ 2)* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2545). *การพัฒนาการคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเมนท์.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ และจิต นวนแก้ว. (2542). *การพัฒนาการคิดของนักเรียนด้วยกิจกรรม ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (พิมพ์ครั้งที่ 2)* กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเมนท์.
- วารุณี นนงห้าง. (2553). *ทักษะการคิดพื้นฐานวิชาภาษาอังกฤษของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนหนองห้างพิทยาสรรค์ จังหวัดกาฬสินธุ์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอน เพื่อให้เกิดมโนคติของบรูเนอร์ (การศึกษาค้นคว้าอิสระ)*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ศรายุทธ ชาญนคร, ประทุม อัดชู และศศิเทพ ปิติพรเทพพิน. (2556). *การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 เรื่อง บรรยากาศ ด้วย การจัดการ เรียนรู้ตามแนวคิด วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ (STEM Education)*. กรุงเทพมหานคร.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2557). *สะเต็มศึกษาและการออกแบบเชิงวิศวกรรมศาสตร์*. สืบค้นจาก <http://www.stemedthailand.org>.
- ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2558). *คู่มือเครือข่ายสะเต็มศึกษา*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการ สอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2556). *คู่มือการจัดสอบ O-NET สำหรับศูนย์สอบ 2556*
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2527). *รายงานการวิจัยและประเมินผล วิชาการวิทยาศาสตร์ร่วมกับนานาชาติ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา ลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *คู่มือจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของ สกสค.

- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *คู่มือจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของ สกสศ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร*. กรุงเทพฯ: สำนักงานส่งเสริม วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). *เอกสารกิจกรรมสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6*. กรุงเทพฯ: องค์การค้ำของ สกสศ.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท) และ OECD. (2557). *ผลการ ประเมิน PISA การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- สถาพร ไชยศรี. (2559). *ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์และการเปรียบเทียบ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผ่านการจัดการเรียนรู้ แบบสะเต็มศึกษา (STEM Education)*. สืบค้นจาก <http://www.kksec.go.th/webinfo25/abstract/sathaporn01.pdf>.
- สมนึก ภัททิยชนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา*. กาลสินธุ์: ประสานการพิมพ์
- สมนึก ภัททิยชนี. (2551). *การวัดผลการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 5)*. กาลสินธุ์: ประสานการพิมพ์.
- สมพร เชื้อพันธ์. (2547). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้วิธีการจัดการเรียนการสอนแบบสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับการ จัดการเรียนการสอนตามปกติ (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต)*  
พระนครศรีอยุธยา: สถาบันราชภัฏพระนครศรีอยุธยา.
- สมหวัง พิริยานูวัฒน์ และจันทรเพ็ญ เชื้อพานิช. (2524). *การสร้างแบบสำรวจความเป็นครูและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2552). *ข้อเสนอการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ. 2552-2561)*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา. (2553). *ข้อเสนอการปฏิรูปการศึกษาในทศวรรษที่สอง (พ.ศ. 2552-2561)*. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้ภาษาไทย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- ลำลี รักสุทธิ. (2544). *ทางก้าวหน้าสู่ครุมืออาชีพ*. กรุงเทพฯ: ธนัช การพิมพ์.

- สิริพร ทิพย์คง. (2545). *หลักสูตรและการสอนคณิตศาสตร์*. กรุงเทพฯ: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- สุพรรณณี ชาญประเสริฐ. (2557). *หลักสูตรกับการจัดการเรียนรู้วิชาเคมี*. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 41(180), 34-37.
- สุภาวดี อาจศิริ. (2542). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแก่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต)*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุมาลี ชัยเจริญ. (2557). *การออกแบบการสอนหลักการทฤษฎีสู่การปฏิบัติ*. ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น. สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- สุรวาท ทองบุ. (2550). *การวิจัยทางการศึกษา*. มหาสารคาม: อภิชิตการพิมพ์.
- สุวารี พงศ์ธีระวรรณ. (2548). *การใช้ประโยชน์จากแบคทีเรีย*. สุราษฎร์ธานี: โรงเรียนสุราษฎร์พิทยา.
- อภิสิทธิ์ ชงไชย และทีมงานสาขาออกแบบและเทคโนโลยี สสวท. (2555). *สรุปการบรรยายพิเศษ เรื่อง Science, Technology, Engineering and Mathematics Education: Preparing students for the 21<sup>st</sup> Century* สืบค้นจาก <http://designtechnology.ipst.ac.th/uploads/STEMEducation.pdf>.
- อภิสิทธิ์ ชงไชย. (2556). *สะเต็มศึกษากับการพัฒนาการศึกษาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์ในประเทศสหรัฐอเมริกา*. *สมาคมครูวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย*, 19, 15-18.
- อุปการ จีระพันธุ์. (2556). *หลักสูตรการออกแบบและเทคโนโลยี*, *สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)*, 41(180), 24-27.
- Andersen. H.O. (1969). *Readings in Science Education for the Secondary School*. New York : Macmillan.
- Billeh, V. and A. Zakhariades. (1975). *The Development and Application of a Scale of Measuring Scientific Attitudes*, *Science Education*. 59(2):155-66.
- Bloom, B. S. (1976). *Human Characteristics and School Learning*. McGraw Hill Book. New York : USA
- Blough, Glenin O. and Julius Schwartz. (1966). *Elementary School Science and How to Teach It*. New York : Holt, Rinehart and Winston.

- Breiner, J.M., Carla, C.J., Harkness, S.S., & Koehler, C.M. (2012). *What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and Shelly Sheats Harkness Partnerships. School Science and Mathematics, 112*(1), 3-11.
- Curtis, F.D., Caldwell, C. and William. (1960). *Everyday Science*. Boston: Ginn.
- Diana, L.R. (2012). *Integrated STEM Education through Project-Based Learning*. Available from: <http://www.rondout.k12.ny.us/common/pages/Display-File.aspx?itemId=16466975> -
- Diederich, Paul B. (1969). Components of Scientific Attitude, *The Science Teacher, 34*(2): 23-24.
- Dowey, A.L. (2013). *Attitudes, Interest, and Perceived Self-efficacy toward Science of Middle School Minority Female Students: Considerations for their Low Achievement and Participation in STEM Disciplines* (Doctoral dissertation). University of California
- Fitz-Gibbon, Carol Taylor, Lyons Morris and Lynn, J. (1987). *How to design a program evaluation*. Newbury Park: Sage.
- Good, Carter Victor, ed. (1973). *Dictionary of Education*, (3). New York: McGraw-Hill,
- Haladyna, T. and Shaughnessy, J. (1982). Attitude toward Science: A Quantitative Synthesis, *Science Education, 66*(4), 547-563.
- Han, S., Capraro, R. and Capraro, M.M. (2014). How Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Project-based Learning (PBL) affects High, Middle and Low Achievers Differently: The Impact of Student Factors on Achievement, *International Journal of Science and Mathematics Education, 12*(2).
- Haney, R.E. (1969). The Development of Scientific Attitude, in Readings in Science Education for the Secondary School, *Edited by O.H. Anderson*. 198-204. New York: Macmillan.
- Klopfer, L.E. (1971). *Evaluation of Learning in Science, Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York : McGraw – Hill Book Company ,574–580.
- Lantz, H. B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?*. Retrieved from <http://www.currtechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf>.

- Munby, H. (1983). Thirty Studies Involving the Scientific Attitude Inventory What Confidence Can We Have in This Instrument, *Journal of Research in Science Teaching*, 20(2), 141-142.
- National Research Council, (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concept, and Core Ideas*. Committee on New Science Education Standards, Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Science and Education. Washington, DC: National Academy Press.
- Neuman, D.B. (1993). *Experiencing Elementary Science*. California : Wedswerth blushing Company.
- O'Neil, T. L., Yamagata, J. Y. & Togioka, S. (2012). *Teaching STEM Means Teacher Learning*. Phi Delta Kappan, 94(1), 36–40.
- Sanders, H.B. (1955). *The Teaching of General in Tropical Secondary School*. London: Oxford University Press.
- Schibeci ,R.A. (1983). Selecting Appropriated Attitudinal Objectives for School Science, *Science Education*.
- Scott, C. (2012). An investigation of Rcience, technology, engineering and mathematics (STEM) focused on high School in the U.S., *Journal of STEM Education*, 13(5), 30–39.
- Tseng, K., Chang, C., Lou, S. and Chen, W. (2013). Attitudes toward Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) in a Project-based Learning (PjBL) environment, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 23, 87–102.
- UIS/UNESCO. (2013). Adult and Youth Literacy, *UIS Fact Sheet*, 26.
- Vasquez, J.A., Sneider, C., and Comer, M.. (2013). *STEM Lesson Essentials: Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth, NH: Heinemann.





ภาคผนวก

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY



ภาคผนวก ก

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชื่อรายวิชา เคมี เพิ่มเติม ว30223 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

เวลา 5 สัปดาห์

ผู้สอน นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู

ภาคเรียนที่ 2/2559

เรื่อง ผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดา

วันที่ .....เดือน..... พ.ศ. 2559

## 1. มาตรฐานการเรียนรู้ / ตัวชี้วัด

**มาตรฐาน ว. 3.2 :** เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยาเคมี มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

**มาตรฐาน ว. 8.1 :** ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหาว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

### ตัวชี้วัด

ว 3.2 ม.4-6/1 ทดลอง อธิบายปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี รวมทั้งผลของปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันที่มีต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม

ว 3.2 ม.4-6/2 ทดลองและอธิบายอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี รวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์

ว 8.1 ม.4-6/1-12

## 2. จุดประสงค์การเรียนรู้

- 2.1 อธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และสมการเคมี
- 2.2 ทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก
- 2.3 อธิบายพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการสลายและสร้างพันธะระหว่างอะตอมของสารในระบบ
- 2.4 อธิบายปฏิกิริยาเคมีที่พบได้รอบตัวในปัจจุบันและการนำไปใช้ประโยชน์ได้
- 2.5 ทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวันได้

2.6 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีกับการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารในระบบได้

2.7 เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารกับเวลา คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในช่วงเวลาต่าง ๆ รวมทั้งอัตราการเกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่งจากกราฟได้

2.8 อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินไปของปฏิกิริยาได้

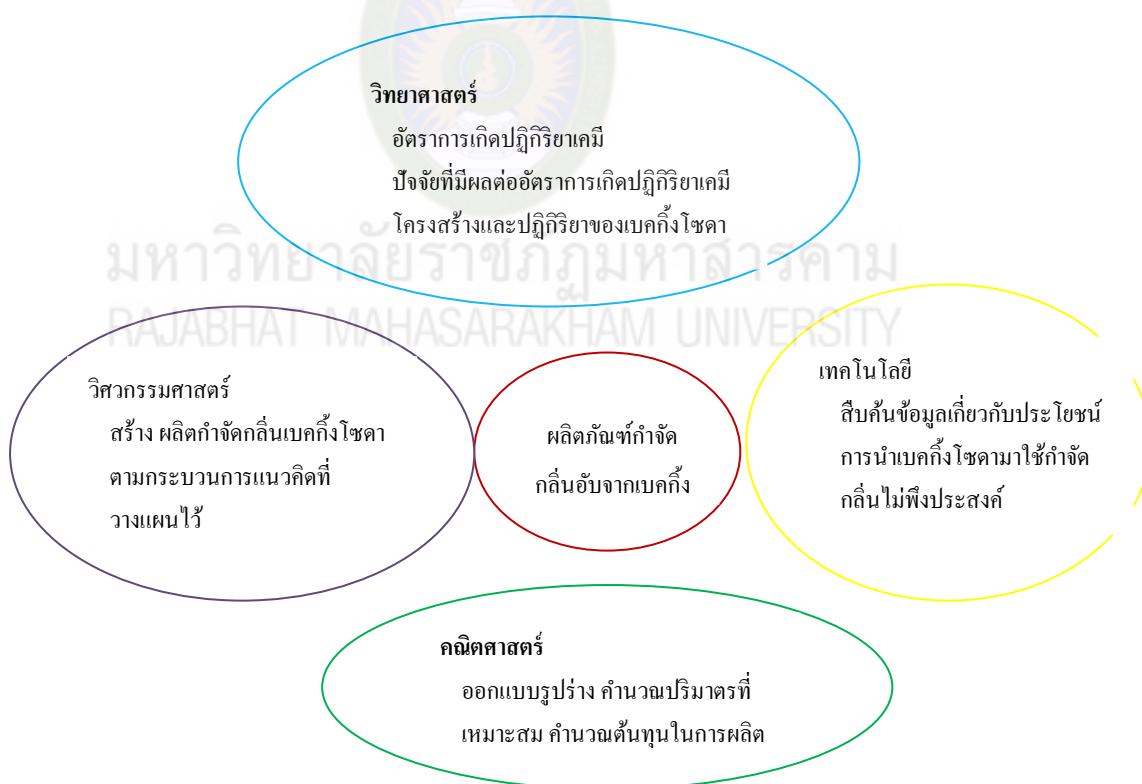
2.9 อธิบายผลของตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

2.10 ทดลองเพื่อศึกษาอัตราการเกิดปฏิกิริยาและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาได้

2.11 อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดา

2.12 ออกแบบ สร้างผลิตภัณฑ์และทดสอบความสามารถในการกำจัดกลิ่นอับและคราบของสารผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดา

2.13 มุ่งมั่นการทำงาน มีวินัย ซื่อสัตย์สุจริต ทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่นได้



### 3. สารสำคัญ

อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี หมายถึง ความเร็วที่ตัวทำปฏิกิริยาเปลี่ยนไปเป็นสารผลิตภัณฑ์ต่อหน่วยเวลา โดยที่หน่วยความเข้มข้นของสารเป็น  $\text{mol/dm}^3$  ดังนั้นอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจึงมีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของสารต่อวินาที ชั่วโมง หรือวัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปฏิกิริยาเกิดเร็วหรือช้าเพียงใด

รอบ ๆ ตัวเราและในร่างกายเรามีปฏิกิริยาเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ปฏิกิริยาเคมีเกิดจากปฏิกิริยาเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารต่าง ๆ มีผลให้พลังงานของระบบเปลี่ยนไปและให้ผลิตภัณฑ์หรือสารใหม่เกิดขึ้น ปฏิกิริยาเคมีบางชนิดเกิดขึ้นเอง แต่บางชนิดต้องได้รับพลังงานจำนวนหนึ่งก่อนจึงจะเกิดปฏิกิริยาได้

การเกิดปฏิกิริยาของสารส่วนใหญ่ เมื่อเกิดปฏิกิริยาไปได้ระยะหนึ่ง อัตราการเกิดปฏิกิริยาจะช้าลงเพราะ เมื่อสารเริ่มต้นเข้าทำปฏิกิริยา สารจำนวนหนึ่งจะถูกใช้ไป ความเข้มข้นของสารตั้งต้นจึงลดลง ทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นน้อยลงเรื่อยๆ และในปฏิกิริยาที่สารเริ่มต้นมีสถานะเป็นของแข็งที่มีพื้นที่ผิวมาก เมื่อทำปฏิกิริยากับสารอีกชนิดหนึ่งที่มีสถานะเป็นของเหลวแล้ว จะมีผลให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้นกว่าการเข้าทำปฏิกิริยาของสารตั้งต้นที่มีสถานะเป็นของแข็งแต่มีพื้นที่ผิวน้อย และในสภาวะที่อุณหภูมิสูง อุณหภูมิสูงจะมีพลังงานจลน์สูงและเคลื่อนที่ได้รวดเร็วกว่าสภาวะที่อุณหภูมิต่ำ

### 4. การเรียนรู้

#### 4.1 ความรู้

4.1.1 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4.1.2 การเกิดปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน

4.1.3 วิธีการวัดและคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา

4.1.4 อธิบายความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารเริ่มต้นที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

4.1.5 อธิบายการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้

#### 4.2 ทักษะ/กระบวนการ/กระบวนการคิด

การสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลองและการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป

### 4.3 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- 4.3.1 ซื่อสัตย์สุจริต
- 4.3.2 มีวินัย
- 4.3.3 ใฝ่เรียนรู้
- 4.3.4 อยู่อย่างพอเพียง
- 4.3.5 มุ่งมั่นในการทำงาน

## 5. กิจกรรมการเรียนรู้

### 5.1 ชั้นระบุปัญหา (20 นาที)

5.1.1 ครูกระตุ้นความสนใจของนักเรียนโดยการนำอภิปรายคำถามเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเป็นอย่างไรและแตกต่างกันอย่างไร พร้อมให้นักเรียนยกตัวอย่าง ดังนี้

5.1.2 นักเรียนคิดว่า การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

5.1.3 ครูให้นักเรียนยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงที่นักเรียนคิดว่าการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีมาให้มากที่สุด

5.1.4 ครูและนักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของสารเพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### 5.2 ชั้นค้นหาแนวคิดที่เกี่ยวข้อง

#### ครั้งที่ 1 ความหมายของปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

(1 ชั่วโมง)

1. ครูยกตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและทางเคมี เช่น น้ำเดือด ฝนตก ดินถล่ม ผลไม้สุก กระดาษไหม้ไฟ สนิมเหล็ก ภูเขาไฟระเบิด แล้วให้นักเรียนบอกว่าเป็นการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพหรือทางเคมี

2. ให้นักเรียนศึกษาใบความรู้ที่ 1 เรื่อง ความหมายของปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี โดยครูให้คำถามว่า

2.1 ปฏิกิริยาเคมี คืออะไร

2.2 การเกิดปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นได้อย่างไร

3. แบ่งนักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน รับผิดชอบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง การเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริกและปฏิบัติกิจกรรมต่อไปนี้

3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านและทำความเข้าใจวิธีทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

3.2 ครูถามนักเรียนเกี่ยวกับ จุดประสงค์การทดลองและวิธีการทดลองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน

3.3 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่างโลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดรคลอริก

3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลอง

4. ครูตั้งคำถามหลังการทดลอง ดังนี้

4.1 เมื่อเวลาผ่านไปแนวโน้มของสารตั้งต้นและสารผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นอย่างไร

4.2 นักเรียนคิดว่าสารผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สชนิดใดและสามารถคำนวณหาอัตราการเกิดแก๊สนี้ได้หรือไม่

5. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความหมายของปฏิกิริยาเคมีและการเกิดปฏิกิริยาสมการเคมีและการคำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

6. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบที่ 1 เรื่อง ความหมายของปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสมการเคมี

### ครั้งที่ 2 แนวคิดเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2 ชั่วโมง)

1. ครูทบทวนความรู้เรื่องพลังงานกับการสลายพันธะและการสร้างพันธะ

2. ครูนำเข้าสู่บทเรียนว่า นักวิทยาศาสตร์เชื่อว่าการเกิดปฏิกิริยาเคมีอนุภาคของสารตั้งต้นซึ่งอาจเป็น โมเลกุล อะตอม หรือไอออนจะต้องชนกัน ถ้าการชนกันทุกครั้งทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมี จะเป็นผลให้ปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว แต่จากการทดลองพบว่า การชนกันของอนุภาคไม่สามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาเคมีได้ทุกครั้ง มีเพียงบางครั้งเท่านั้นที่มีปฏิกิริยาเคมีเกิดขึ้น นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด

3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 6 กลุ่ม กลุ่มละ 6-7 คน จากนั้นศึกษาเนื้อหาในหนังสือเรียนหน้า 15-17 หัวข้อ 6.2 แนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. ให้นักเรียนส่งตัวแทนของแต่ละกลุ่มมาแข่งขันตอบปัญหา โดยกลุ่มที่ทำคะแนนได้มากที่สุดจะได้รับโบนัสเพิ่ม 5 คะแนน

5. ครูแจกแบบทดสอบที่ 2 เรื่องแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี ให้นักเรียนทำ

6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับแนวคิดเกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### **ครั้งที่ 3** พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี (1 ชั่วโมง)

1. ครูกระตุ้นความสนใจโดยยกสถานการณ์จำลองแล้วให้นักเรียนตอบคำถาม
2. เมื่อนักเรียนออกแรงหรือวิ่ง นักเรียนจะมีความรู้สึกเหนื่อยและมีเหงื่อออกมาก นักเรียนคิดว่าสิ่งไหนเกิดจากอะไร
3. นักเรียนคิดว่าการเปลี่ยนแปลงไปของพลังงานมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีได้อย่างไร
4. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับพลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยา โดยให้นักเรียนศึกษาจากวิดีโอและใบความรู้ที่ 2 เรื่อง พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี
5. แบ่งนักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน ให้แต่ละกลุ่มทำใบงานที่ 2 เรื่อง พลังงานกับการดำเนินไปของปฏิกิริยาเคมี และบอกความแตกต่างระหว่างพลังงานตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ในปฏิกิริยาเคมีประเภทคายพลังงานหรือดูดพลังงาน
6. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลของพลังงานกับการเกิดปฏิกิริยาเคมีพร้อมแปลความหมายกราฟการเปลี่ยนแปลงพลังงานเคมี

### **ครั้งที่ 4** ปฏิกิริยาเคมีในชีวิตประจำวัน (2 ชั่วโมง)

1. ครูกระตุ้นความสนใจโดยอธิบายถึงปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน เช่น การเกิดฝนกรด การเกิดหินงอกหินย้อย การเกิดสนิม การเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิง การสลายตัวของผงฟู การเน่าเปื่อยของซากพืชซากสัตว์
2. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การทดลอง เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวันตามใบกิจกรรมที่ 3
3. แบ่งนักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน รับใบกิจกรรมที่ 3 เรื่อง ปฏิกิริยาเคมีที่พบในชีวิตประจำวัน ได้แก่ ปฏิกิริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงและฝนกรด ปฏิกิริยาการเกิดสนิมเหล็ก ปฏิกิริยาการสลายตัวของผงฟูและปฏิกิริยาการสลายตัวของหินปูนและปฏิบัติกิจกรรม ดังนี้
4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านและทำความเข้าใจวิธีทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน
5. ครูถามนักเรียนเกี่ยวกับจุดประสงค์การทดลองและวิธีการทดลองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน
6. นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเรื่อง ปฏิกิริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน



7. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองเรื่อง ปฏิกริยาเคมีทั่วไปที่พบในชีวิตประจำวัน

8. นักเรียนศึกษาจากใบความรู้ที่ 3 เพิ่มเติมและครูตั้งคำถามให้นักเรียน

9. แปลความหมายข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกผลการทดลอง

10. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายจากการปฏิบัติการทดลอง โดยให้ได้อธิบายว่า

11. ปฏิกริยาเคมี เกิดจากกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสารต่าง ๆ มีผลให้พลังงานของระบบเปลี่ยนไปและให้ได้ผลิตภัณฑ์หรือสารใหม่เกิดขึ้น โดยที่รอบๆตัวเราและในร่างกายเรามีปฏิกริยาเคมีเกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา

12. ปฏิกริยาการเผาไหม้เชื้อเพลิงก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อก๊าซดังกล่าวรวมตัวกับน้ำหรือไอน้ำจะทำให้เกิดฝนกรดทำให้อาคารบ้านเรือนเสียหาย ใบไม้เป็นรู

13. ปฏิกิริยาการหมักคั่ววัน เกิดจากการที่สารไฮโดรคาร์บอน ผุน คั่ววัน รวมตัวกับไอน้ำแล้วเกิดหมักคั่ววันยามเช้าหรือช่วงฤดูหนาว ทำให้เกิดการบดบังทัศนียภาพและอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุทางรถยนต์

14. ปฏิกริยาการเกิดสนิมเหล็ก เกิดจากอะตอมของโลหะที่ถูกออกซิไดส์แล้วรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศเกิดเป็นออกไซด์ของโลหะนั้น ทำให้เกิดการผุกร่อนของโลหะ

15. ปฏิกริยาการสลายตัวของผงฟู เมื่อผงฟูได้รับความร้อนจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำ รวมถึงผลิตภัณฑ์คือ โซเดียมคาร์บอเนตและเติมน้ำส้มสายชูลงไปในผงฟูจะสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำรวมถึงผลิตภัณฑ์คือ โซเดียมอะซิเตท ผงฟูเป็นสารเคมีที่นำมาใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น การทำขนม การทำคาราเมล ใส่ในน้ำดื่มผักทำให้ผักมีสีเขียว

16. ปฏิกริยาการสลายตัวของหินปูน เมื่อหินปูนเจอกับกรดจะเกิดการสลายตัวให้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และน้ำรวมถึงสารผลิตภัณฑ์คือปูนขาว ซึ่งมีประโยชน์ในการนำมาใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตปูนซีเมนต์ ซึ่งมีปูนขาวเป็นส่วนผสมหลัก

17. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบที่ 3 เรื่อง ปฏิกริยาเคมีในชีวิตประจำวัน

### **ครั้งที่ 5** อัตราการเกิดปฏิกริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกริยาเคมี (1 ชั่วโมง)

1. ครูยกตัวอย่างทบทวนความรู้เกี่ยวกับปฏิกริยาเคมีที่พบอยู่ทั่วไปในชีวิตประจำวัน เช่น การผสมปูนเพื่อใช้ก่อสร้าง การเกิดสนิมของเหล็ก การย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ด้วยจุลินทรีย์ ให้นักเรียนฟังโดยครูใช้คำถามกระตุ้น ดังนี้

1.1 ปฏิกริยาเคมีใดเกิดได้เร็วและปฏิกริยาเคมีใดเกิดได้ช้า

- 1.2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารแต่ละชนิดขึ้นอยู่กับปัจจัยใดบ้าง
2. นักเรียนร่วมกันตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับคำตอบของคำถาม เพื่อเชื่อมโยงไปสู่การเรียนรู้โดยศึกษาใบความรู้ที่ 4 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี
3. แบ่งนักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน รับผิดชอบกิจกรรมที่ 4 เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ด (Alka-Seltzer) กับน้ำกลั่นและปฏิบัติกิจกรรมดังนี้
  - 3.1 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านและทำความเข้าใจวิธีการทดลอง เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ด (Alka-Seltzer) กับน้ำกลั่น
  - 3.2 ครูถามนักเรียนเกี่ยวกับจุดประสงค์การทดลองและวิธีการทดลองเพื่อให้นักเรียนเข้าใจตรงกัน
  - 3.3 ครูให้นักเรียนร่วมกันตั้งสมมติฐานการทดลองว่าปัจจัยต่างๆ จะมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมีอย่างไร
  - 3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ด (Alka-Seltzer) กับน้ำกลั่น
  - 3.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาและปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาระหว่างยาลดกรดชนิดเม็ด (Alka-Seltzer) กับน้ำกลั่น
4. ครูให้นักเรียนร่วมกันแปลความหมายข้อมูลที่ได้จากตารางบันทึกผลการทดลอง และนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณา เพื่ออธิบายว่าเป็นไปตามที่นักเรียนตั้งสมมติฐานหรือไม่
5. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลจากการปฏิบัติการ โดยให้ได้ข้อสรุป ดังนี้
  - 5.1 การเพิ่มอุณหภูมิและลดอุณหภูมิทำให้ปฏิกิริยาระหว่างยาลดกรด Alka-Seltzer กับน้ำกลั่นเกิดเร็วขึ้นและช้าลงตามลำดับ
  - 5.2 การเพิ่มความเข้มข้นและเพิ่มพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นทำให้เวลาที่เกิดปฏิกิริยาที่ใช้ในอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนไป แสดงว่า อุณหภูมิ ความเข้มข้นและพื้นที่ผิวของสารตั้งต้นมีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี
6. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบที่ 4 ความหมายของอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### **ครั้งที่ 6 ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2 ชั่วโมง)**

1. ครูทบทวนความรู้เดิมจากตัวอย่างการคำนวณอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสารในช่วงเวลาต่าง ๆ โดยใช้ข้อมูลในตารางที่ 6.2 ในบทเรียน และพิจารณาความชันของกราฟ ทำให้

ทราบว่าเป็นปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็วในช่วงแรก และจะช้าลงเมื่อเวลาผ่านไป นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด และมีปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 5-6 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วแจกใบกิจกรรมที่ 4 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลองที่ 6.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทดลอง จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง เพื่อให้ให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้นและปฏิบัติเป็นแนวเดียวกันในทางที่ถูกต้อง

4. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูคอยกำกับดูแลให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือ เมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัยในการปฏิบัติการทดลอง

5. ครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผลการทดลอง

6. ครูแจกแบบทดสอบที่ 4 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ความเข้มข้นของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) โดยครูให้ทำส่งในคาบ

7. ครูให้ตัวแทนของแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองที่ได้หน้าชั้นเรียน

8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาในบทเรียน

### **ครั้งที่ 7 พื้นที่ผิวของสารกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี (1 ชั่วโมง)**

1. ครูนำอภิปรายเกี่ยวกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อให้เกิดแนวคิดต่อไปว่า นอกจากจะขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของสารแล้ว ยังมีปัจจัยใดอีกบ้างที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี และถ้าเป็นปฏิกิริยาที่สารตั้งต้นมีสถานะต่างกันอัตราการเกิดปฏิกิริยาจะขึ้นอยู่กับปัจจัยใด จากนั้นนำเข้าสู่การทดลอง 6.3

2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วแจกใบกิจกรรมที่ 5 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ต่อ 1) การทดลองที่ 6.3 การศึกษาผลของพื้นที่ผิวของสารต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทดลอง จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง เพื่อให้ให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้นและปฏิบัติเป็นแนวเดียวกันในทางที่ถูกต้อง

4. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูคอยกำกับดูแลให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือ เมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัยในการปฏิบัติการทดลอง

5. ครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผลการทดลอง

6. ครูแจกแบบทดสอบที่ 5 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (พื้นที่ผิวของสารกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) โดยครูให้ทำเป็นการบ้านส่งในคาบเรียนต่อไป

### **ครั้งที่ 8** อุณหภูมิกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี (2 ชั่วโมง)

1. ครูทบทวนเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งได้แก่ ความเข้มข้น และพื้นที่ผิวของสาร แล้วตั้งคำถามให้นักเรียนคิดต่อไปว่ายังมีปัจจัยอื่นๆ อีกหรือไม่ที่ทำให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเปลี่ยนแปลง โดยยกตัวอย่างการเกิดปฏิกิริยาของโลหะแมกนีเซียมในอากาศที่อุณหภูมิห้องกับการเผาโลหะแมกนีเซียมในอากาศ เพื่อนำเข้าสู่การทดลอง 6.4

2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วแจกใบกิจกรรมที่ 6 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลองที่ 6.4 การศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

3. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทดลอง จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง เพื่อให้นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้นและปฏิบัติเป็นแนวเดียวกันในทางที่ถูกต้อง

4. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูคอยกำกับดูแลให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือ เมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัยในการปฏิบัติการทดลอง

5. ครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผลการทดลอง

6. ครูแจกแบบทดสอบที่ 6 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (อุณหภูมิกับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี) โดยครูให้ทำส่งในคาบเรียน

7. ครูให้ตัวแทนของแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองที่ได้หน้าชั้นเรียน

8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาในบทเรียน จนได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้  
ที่อุณหภูมิต่ำ ปฏิกิริยาระหว่างกรดออกซาลิกกับโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเกิดขึ้นช้ากว่าที่อุณหภูมิสูง แสดงว่าอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น และลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง จึงสรุปได้ว่าอุณหภูมิมิผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

### **ครั้งที่ 9** ตัวเร่งปฏิกิริยาและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี (1 ชั่วโมง)

1. ครูตั้งคำถามว่าจากที่ได้ศึกษามาแล้วปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีอะไรบ้าง (ความเข้มข้นของสาร พื้นที่ผิวของสาร อุณหภูมิ)

2. ครูทบทวนเกี่ยวกับความเข้มข้นของสาร พื้นที่ผิวของสาร และอุณหภูมิที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี แล้วอภิปรายต่อไปเพื่อให้เกิดแนวคิดว่า ในบางปฏิกิริยาการเติมสารบางชนิดลงไปอาจมีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี เพื่อนำเข้าสู่การทดลอง 6.5

3. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน แล้วแจกใบกิจกรรมที่ 7 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี การทดลองที่ 6.5 การศึกษาผลของสารบางชนิดต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

4. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการทดลอง จากนั้นครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับขั้นตอนการทดลอง เพื่อให้ นักเรียนมีความเข้าใจมากขึ้นและปฏิบัติเป็นแนวเดียวกันในทางที่ถูกต้อง
5. ครูให้นักเรียนลงมือปฏิบัติการทดลอง โดยครูคอยกำกับดูแลให้คำปรึกษา และให้ความช่วยเหลือ เมื่อนักเรียนไม่เข้าใจหรือมีข้อสงสัยในการปฏิบัติการทดลอง
6. ครูให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงแล้วบันทึกผลการทดลอง
7. ครูแจกแบบทดสอบที่ 7 เรื่องปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี (ตัวเร่งและตัวหน่วงปฏิกิริยาเคมี) โดยครูให้ทำเป็นการบ้านส่งในคาบเรียนต่อไป
8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาในบทเรียน จนได้ข้อสรุปดังต่อไปนี้
  - ตอนที่ 1 อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารในหลอดที่ 2 จะสูงกว่าในหลอดที่ 1 เพราะมีการเติมสาร  $MnSO_4$  ลงไป ซึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
  - ตอนที่ 2 อัตราการเกิดปฏิกิริยาของสารในหลอดที่ 2 จะต่ำกว่าในหลอดที่ 1 เพราะมีการเติมสาร  $NaF$  ลงไป ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงปฏิกิริยา

จากการทดลองทั้ง 2 ตอน สรุปผลได้ว่า

$MnSO_4$  ทำให้เกิดปฏิกิริยาเร็วขึ้น จึงเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา

ส่วน  $NaF$  ทำให้เกิดปฏิกิริยาช้าลง จึงเป็นตัวหน่วงปฏิกิริยา

### 3. **ชั้นวางแผนและพัฒนา**

#### **ครั้งที่ 10 ผลิตรายการจากกิจกรรม (2 ชั่วโมง)**

1. ครูเชื่อมโยงความรู้เข้าสู่กระบวนการ STEM โดยใช้คำถามดังนี้
  - 1.1 นักเรียนใช้ผลิตภัณฑ์และสารเคมีใดบ้างในการกำจัดคราบสกปรกและกลิ่นอับ
  - 1.2 นักเรียนคิดว่าผลิตภัณฑ์กำจัดคราบและกลิ่นอับส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร มีผลิตภัณฑ์ที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยกว่านี้หรือไม่
  - 1.3 นักเรียนรู้จักเบคกิ้งโซดาหรือไม่ เราสามารถนำเบคกิ้งโซดามากำจัดกลิ่นอับหรือคราบได้หรือไม่อย่างไร
2. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน และศึกษาใบความรู้ที่ 5 เรื่อง เบคกิ้งโซดา
3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มรับใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง ผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดาและร่วมกันปฏิบัติกิจกรรมดังนี้
  - 3.1 ครูให้นักเรียนร่วมกันอ่านและทำความเข้าใจใบกิจกรรมที่ 5 เรื่อง ผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดา

3.2 ครูสรุปวิธีการปฏิบัติกิจกรรมให้นักเรียนฟัง

3.3 ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันออกแบบผลิตภัณฑ์ เลือกวัสดุอุปกรณ์และขั้นตอนในการทำผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดา

3.4 นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแนวคิดในการออกแบบผลิตภัณฑ์ วัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้และขั้นตอนในการทำผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดาหน้าชั้นเรียน

3.5 นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดและวิธีการที่ได้ออกแบบไว้

3.6 นักเรียนออกมานำเสนอผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดาที่ออกแบบไว้ และครูให้คำแนะนำเพิ่มเติม

#### 4. ขั้นตอนสอบและประเมินผล (1 ชั่วโมง)

1. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดาที่ได้ไปทดสอบความสามารถในการดับกลิ่นและขจัดคราบ บนที่กผลและสรุปปัญหาที่เกิดขึ้น พร้อมหาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข

2. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปปัญหา ปรับปรุงแก้ไขและนำผลิตภัณฑ์ที่แก้ไขแล้วไปทดสอบความสามารถในการดับกลิ่นและขจัดคราบ

#### 5. ขึ้นนำเสนอผลลัพธ์ (40 นาที)

ครูให้นักเรียนนำเสนอผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดา วัสดุอุปกรณ์ ขั้นตอนการทำ อธิบายเหตุผลที่เลือกใช้วัสดุนั้น อธิบายปัญหาและวิธีการปรับปรุงแก้ไขและการพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้ดีขึ้นในอนาคตในทางการค้าซึ่งสามารถทำเป็นอาชีพได้ ดังนี้

นักเรียนออกมานำเสนอผลิตภัณฑ์ วิธีการนำไปใช้ประโยชน์ รวมถึงการนำไปพัฒนาต่อยอดสร้างเป็นอาชีพต่อไป

#### 6. สื่อ อุปกรณ์ และแหล่งการเรียนรู้

6.1 วัสดุ อุปกรณ์

6.2 สื่อการเรียนรู้วิดีโอ

6.3 หนังสือเรียนวิชาเคมีเพิ่มเติม 3

- 6.4 ใบกิจกรรมที่ 1-5
- 6.5 แบบทดสอบที่ 1 3 และ 4
- 6.6 ใบความรู้ที่ 1-5
- 6.7 ใบงานที่ 15
- 6.8 แหล่งเรียนรู้ อินเทอร์เน็ต

## 7. การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

### ตารางที่ ก.1

การวัดผลและการประเมินความรู้

รายการประเมิน	เครื่องมือ	วิธีการประเมิน	เกณฑ์
<b>1. ความรู้ (K)</b>			
อธิบายความหมายของปฏิกิริยาเคมี อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีและ สมการเคมี	1. ใบความรู้ที่ 1 2. ใบงานที่ 1	ตรวจใบงานที่ 1	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75
อธิบายพลังงานที่เกี่ยวข้องกับการ สลายและสร้างพันธะระหว่าง อะตอมของสารในระบบ	1. ใบความรู้ที่ 2 2. ใบงานที่ 2	ตรวจใบงานที่ 2	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75
อธิบายปฏิกิริยาเคมีที่พบได้รอบตัว ในปัจจุบันและการนำไปใช้ ประโยชน์ได้	1. ใบความรู้ที่ 3 2. ใบงานที่ 3	ตรวจแบบ ทดสอบที่ 3	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75
อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอัตรา การเกิดปฏิกิริยาเคมีกับการ เพิ่มขึ้นหรือลดลงของสารใน ระบบได้	1. ใบความรู้ที่ 4 2. ใบงานที่ 4	ตรวจแบบ ทดสอบที่ 4	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75

ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	เครื่องมือ	วิธีการประเมิน	เกณฑ์
เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารกับเวลา คำนวณหาอัตราการเกิดปฏิกิริยา ของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์ใน ช่วงเวลาต่าง ๆ รวมทั้งอัตราการ เกิดปฏิกิริยา ณ ขณะใดขณะหนึ่ง จากกราฟได้	1. ใบความรู้ที่ 2. ใบงานที่ 4	ตรวจแบบ ทดสอบที่ 4	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75
อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ มีผลต่อการดำเนินไปของปฏิกิริยา ได้	ใบความรู้ที่ 4	ตรวจแบบ ทดสอบที่ 4	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75
อธิบายผลของตัวเร่งปฏิกิริยาและตัว หน่วงปฏิกิริยาที่มีผลต่ออัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมีได้	ใบความรู้ที่ 4	- ตรวจแบบ ทดสอบที่ 4	ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75
อธิบายการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร ผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้ง โซดา	- ใบความรู้ที่ 5 - ใบงานที่ 5	- ตรวจแบบ ทดสอบที่ 5	- ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 75
2. กระบวนการ (P)			
ทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีระหว่าง โลหะแมกนีเซียมกับกรดไฮโดร คลอริก	ใบกิจกรรมที่ 1	ตรวจใบ กิจกรรมที่ 1	ผ่านเกณฑ์ระดับ 2
ทดลองการเกิดปฏิกิริยาเคมีใน ชีวิตประจำวันได้	ใบกิจกรรมที่ 3	ตรวจใบ กิจกรรมที่ 3	ผ่านเกณฑ์ระดับ 2
ทดลองเพื่อศึกษาอัตราการ เกิดปฏิกิริยาและปัจจัยที่มีผลต่อ การเกิดปฏิกิริยาได้	ใบกิจกรรมที่ 4	ตรวจใบ กิจกรรมที่ 4	ผ่านเกณฑ์ระดับ 2



ตารางที่ ก.1 (ต่อ)

รายการประเมิน	เครื่องมือ	วิธีการประเมิน	เกณฑ์
ออกแบบ สร้างผลิตภัณฑ์และทดสอบความสามารถในการกำจัดกลิ่นอับและคราบของสารผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นอับจากเบคกิ้งโซดา	ใบกิจกรรมที่ 5	ตรวจใบกิจกรรมที่ 5	ผ่านเกณฑ์ระดับ 2
<b>3. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)</b>	แบบประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน	สังเกตพฤติกรรมในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับ 2
ความตรงต่อเวลา			
ความมุ่งมั่นในการทำงาน	- แบบประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน	สังเกตพฤติกรรมในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับ 2
ซื่อสัตย์สุจริต	แบบประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน	สังเกตพฤติกรรมในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับ 2
ทำกิจกรรมร่วมกับผู้อื่น	แบบประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน	สังเกตพฤติกรรมในระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรม	ผ่านเกณฑ์ระดับ 2



## ตารางที่ ก.3

## เกณฑ์การประเมินพฤติกรรมระหว่างเรียน

รายการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน		
	3	2	1
1. ความตรงต่อเวลา	เข้าเรียนตรงเวลา และส่งงานตรง ตามกำหนด	เข้าเรียนช้ากว่า 15 นาที ส่งงานช้ากว่า กำหนด	เข้าเรียนช้ากว่า 15 นาที ไม่ส่งงาน
2. ความมุ่งมั่นในการ ทำงาน	ไม่พูดคุยหรือเล่นกับ เพื่อนเมื่อทำ กิจกรรมการ ทดลอง	พูดคุยหรือเล่นกับ เพื่อนเป็นบางครั้ง เมื่อทำกิจกรรมการ ทดลอง	พูดคุยหรือเล่นกับ เพื่อนตลอดเวลา เมื่อทำกิจกรรม การทดลอง
3. ซื่อสัตย์สุจริต	ให้ข้อมูลที่ถูกต้อง และเป็นจริง ชัดเจนและ สม่ำเสมอ	ให้ข้อมูลที่ถูกต้องและ เป็นจริงชัดเจนและ บ่อยครั้ง	ให้ข้อมูลที่ถูกต้อง และเป็นจริง ชัดเจนบางครั้ง
4. ทำกิจกรรม ร่วมกับผู้อื่น	ให้ความสนใจ กระตือรือร้นใน การทำงานกลุ่ม	ให้ความสนใจ กระตือรือร้นในการ ทำงานกลุ่มปาน กลาง	ให้ความสนใจ กระตือรือร้นใน การทำงานกลุ่ม น้อย



## บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

### 1. ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

#### 1.1 การใช้สื่อ / แหล่งเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

#### 1.2 การวัดผล / ประเมินผล

.....

.....

.....

.....

#### 1.3 ปัญหา / อุปสรรค

.....

.....

.....

.....

#### 1.4 ข้อเสนอแนะ / แนวทางแก้ไข

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ .....

(นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

..... /..... /.....

## ตารางที่ ก.5

### แบบประเมินนวัตกรรม

รายการประเมิน	ระดับคะแนน			คะแนนที่ได้
	1	2	3	
<b>1. การระบุปัญหาหรือสถานการณ์</b> 1.1 มีการวิเคราะห์ปัญหา สถานการณ์ และเงื่อนไขต่างๆ 1.2 ระบุปัญหาได้ตรงประเด็น ชัดเจน 1.3 กำหนดจุดประสงค์ของปัญหา	ขาด 2 ข้อ	ขาด 1 ข้อ	ครบ 3 ข้อ	
<b>2. การสืบค้นรวบรวมข้อมูล</b> 2.1 ข้อมูลถูกต้อง 2.2 ใช้ได้ภายใต้สถานการณ์/เงื่อนไขที่กำหนด 2.3 มีความเป็นระเบียบเรียบร้อย	ขาด 2 ข้อ	ขาด 1 ข้อ	ครบ 3 ข้อ	
<b>3. การออกแบบชิ้นงาน</b> 3.1 ใช้อุปกรณ์ได้อย่างเหมาะสม 3.2 คำนึงถึงความประหยัด/ไม่สิ้นเปลือง 3.3 มีความคิดสร้างสรรค์	ขาด 2 ข้อ	ขาด 1 ข้อ	ครบ 3 ข้อ	
<b>4. การทดสอบชิ้นงาน</b> 4.1 ทำตามขั้นตอนทดลองที่ได้ออกแบบไว้ 4.2 ตอบโจทย์ปัญหาได้ 4.3 มีการบันทึกข้อมูลเก็บไว้	ขาด 2 ข้อ	ขาด 1 ข้อ	ครบ 3 ข้อ	
<b>5. การประเมินผลและปรับปรุงชิ้นงาน</b> 5.1 เสนอวิธีการปรับปรุงชิ้นงาน 5.2 บอกเหตุผลประกอบ 5.3 มีการปรับปรุงชิ้นงานให้ดีขึ้น	ขาด 2 ข้อ	ขาด 1 ข้อ	ครบ 3 ข้อ	

คะแนนรวม ..... คะแนน

ลงชื่อ .....

(นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู)

นักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู

..... /..... /.....



ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

**แบบประเมินคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้**  
**แบบแสดงความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิที่มีต่อแผนการจัดการเรียนรู้สะเต็มศึกษา**  
**หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 :: อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี**

**คำชี้แจง**           ขอให้ท่านผู้เชี่ยวชาญได้กรุณาแสดงความคิดเห็นของท่านโดยใส่เครื่องหมาย  
 (✓) ลงในช่อง  
 ความคิดเห็นพร้อมเขียนข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการนำไปพิจารณาปรับปรุง  
 ต่อไป

ให้ 5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

ให้ 4 หมายถึง เหมาะสมมาก

ให้ 3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

ให้ 2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

ให้ 1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

รายการ	5	4	3	2	1
<b>1. จุดประสงค์การเรียนรู้</b>					
1.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
1.2 สอดคล้องกับพฤติกรรมกรการเรียนรู้					
1.3 สามารถวัด/ประเมินผลได้					
<b>2. สาระการเรียนรู้</b>					
2.1 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
2.2 เหมาะสมกับระดับชั้นของผู้เรียน					
<b>3. สื่อ/แหล่งเรียนรู้</b>					
3.1 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน					
3.2 เหมาะสมกับเนื้อหาและกิจกรรมการเรียนรู้					



รายการ	5	4	3	2	1
<b>4. เนื้อหา</b>					
4.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
4.2 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม					
4.3 สอดคล้องกับตัวชี้วัด					
4.4 เหมาะสมกับเวลาที่สอน					
4.5 การบูรณาการความรู้ด้านสะเต็มศึกษา					
<b>5. กิจกรรมการเรียนรู้</b>					
5.1 สอดคล้องจุดประสงค์ และการวัดและประเมินผล					
5.2 สอดคล้องเหมาะสมกับเนื้อหา					
5.3 เหมาะสมกับวัยและความสามารถของผู้เรียน					
5.4 ส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดการวางแผนในการทำงาน					
5.5 ส่งเสริมให้ผู้เรียนมีการนำเทคโนโลยีมาใช้ในการออกแบบชิ้นงาน					
5.6 ชิ้นงานสามารถนำไปใช้ในชีวิตประจำวันได้					
5.7 ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
<b>6. การวัดและประเมินผล</b>					
6.1 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้					
6.2 สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้					
6.3 ใช้เครื่องมือวัดผลได้เหมาะสม					

ข้อเสนอแนะ

.....  
 .....

ลงชื่อ

.....

(คุณครูสุทิตา อารามพงษ์)

ผู้เชี่ยวชาญ

## ตัวอย่าง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่เรียนโดยกิจกรรมการเรียนรู้

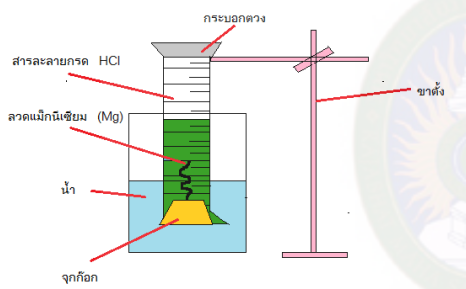
แบบสะสมเต็มศึกษา เรื่อง อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 30 ข้อ (ฉบับใช้จริง)

\*\*\*\*\*

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 1 - 5

จากการทดลองวัดปริมาตรแก๊ส  $H_2$  ที่เกิดขึ้น ๗ เวลาต่าง ๆ ที่ผ่านพ้นไป เมื่อใช้ลวด Mg ทำปฏิกิริยากับสารละลาย HCl ในกระบอกตวง ได้ข้อมูลดังนี้



ปริมาตร $H_2$ ( $cm^3$ )	เวลา (S)
5	30
10	65
15	100
20	155
25	225

- ถ้าต้องการเก็บแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มอีก  $5\text{ cm}^3$  คือจากปริมาตร  $25 - 30\text{ cm}^3$  คาดว่าจะต้องเสียเวลาเพิ่มขึ้นอีกเท่าใด เมื่ออัตราการเกิดปฏิกิริยายังมีแนวโน้มเช่นนี้อีกต่อไป
  - ไม่เกิน 30 วินาที
  - 55 วินาที
  - 70 วินาที
  - ไม่น้อยกว่า 85 วินาที
- อัตราการเกิดปฏิกิริยา  $H_2$  มีค่าเท่าใด
  - $5/30\text{ cm}^3/\text{s}$
  - $15/100\text{ cm}^3/\text{s}$
  - $20/155\text{ cm}^3/\text{s}$
  - $25/225\text{ cm}^3/\text{s}$
- อัตราการเกิดปฏิกิริยา  $H_2$  ระหว่าง  $5 - 10\text{ cm}^3$  มีค่าที่  $\text{cm}^3/\text{s}$ 
  - $1/5\text{ cm}^3/\text{s}$
  - $2/13\text{ cm}^3/\text{s}$
  - $1/7\text{ cm}^3/\text{s}$
  - $\frac{1}{2}\left(\frac{1}{5} + \frac{2}{13}\right)\text{ cm}^3/\text{s}$

จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า

- อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงแรกๆ เร็วกว่าในช่วงหลังๆ
  - อัตราการเกิดปฏิกิริยาในช่วงใดช่วงหนึ่งจะเท่ากับอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเฉลี่ย
  - ถ้าเขียนกราฟระหว่างเวลาและปริมาตรของแก๊ส  $H_2$  ที่เกิดขึ้นจะได้กราฟเส้นตรง
  - อัตราการเกิดแก๊ส  $H_2$  จะแปรผันตรงกับเวลาที่ใช้ในการเกิดแก๊ส  $H_2$  นั้น
4. อัตราการเกิดแก๊สไฮโดรเจน ณ วินาทีที่ 100 จะมีค่าเท่าใด
- $15 / 100 \text{ cm}^3 / \text{s}$
  - $5 / 55 \text{ cm}^3 / \text{s}$
  - $5 / 45 \text{ cm}^3 / \text{s}$
  - ไม่มีข้อใดถูก
5. ถ้าการสลายตัวของสาร A ไปเป็นสาร P เกิดโดยมีขั้นตอนเดียว และจัดเป็นกระบวนการขั้นพื้นฐานอย่างง่าย  $A \longrightarrow P$  และความเข้มข้นของ A ขณะปฏิกิริยาดำเนินไปเป็นดังนี้

เวลา (S)	$[A], \text{mol} / \text{dm}^3$
0	1.00
50	0.61
100	0.37
150	0.22

อัตราของปฏิกิริยาที่วินาทีที่ 100 เป็นเท่าใด

- $0.00147 \text{ mol} / \text{dm}^3 \text{ -s}$
- $0.0037 \text{ mol} / \text{dm}^3 \text{ -s}$
- มากกว่า  $0.00147$  แต่น้อยกว่า  $0.0037 \text{ mol} / \text{dm}^3 \text{ -s}$
- เท่ากับอัตราเริ่มต้นของปฏิกิริยา คือ  $0.0078$

$\text{mol} / \text{dm}^3 \text{ -s}$

คำชี้แจง ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 7 - 8

สาร A และสาร B ทำปฏิกิริยากันดังสมการ



เมื่อสารละลาย A เข้มข้น  $0.2 \text{ mol} / \text{l}$  จำนวน  $3 \text{ cm}^3$  ผสมกับสารละลาย B เข้มข้น  $0.2 \text{ mol} / \text{l}$  จำนวน  $3 \text{ cm}^3$  แล้วจับเวลาทันทีที่สารละลายผสมกันหลังจากเวลาผ่านไป 10 วินาที นำสารละลายไปวิเคราะห์หาจำนวนโมลของสาร C ทันที ปรากฏว่ามีสาร C เกิดขึ้น  $2.3 \times 10^{-4}$  โมล เมื่อสารละลาย A เข้มข้น  $0.2 \text{ mol} / \text{l}$  จำนวน  $3 \text{ cm}^3$  ผสมกับสารละลาย B เข้มข้น  $0.2 \text{ mol} / \text{l}$  จำนวน  $3 \text{ cm}^3$  แล้วจับเวลาทันทีที่สารละลายผสมกันหลังจากเวลาผ่านไป 10 วินาที นำสารละลายไปวิเคราะห์หาจำนวนโมลของสาร C ทันที ปรากฏว่ามีสาร C เกิดขึ้น  $2.3 \times 10^{-4}$  โมล

6. อัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีนี้มีค่าเท่าใด

ก. ระยะทางที่ระดับสารละลายลดลงใน 1 วินาที

ข.  $\frac{\text{ความเข้มข้นของสาร C ที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยา}}{\text{เวลา}} = 0.23 \times 10^{-4} \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

ค.  $\frac{\text{ความเข้มข้นของสาร A ที่ลดลงเนื่องจากปฏิกิริยา}}{\text{เวลา}} = 0.38 \times 10^{-4} \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

ง. อัตราการลดลงของสาร A ซึ่งมีค่าเท่ากับ  $0.19 \times 10^{-2} \text{ mol}^{-1} \text{ s}^{-1}$

7. หลังจากปฏิกิริยาคำเนินไปได้ 10 นาที ความเข้มข้นของสาร B ในหลอดทดลองเป็น

ก.  $1.25 \times 10^{-4} \text{ mol/l}$                       ค.  $0.081 \text{ mol/l}$

ข.  $0.038 \text{ mol/l}$                               ง.  $0.019 \text{ mol/l}$

8. จงพิจารณาปฏิกิริยาต่อไปนี้  $X(aq) + 2Y(aq) \longrightarrow Z(aq)$  ถ้าสารทุกชนิดมีหน่วยความเข้มข้นเป็นโมล / ลิตร ข้อใดสรุปได้ถูกต้อง

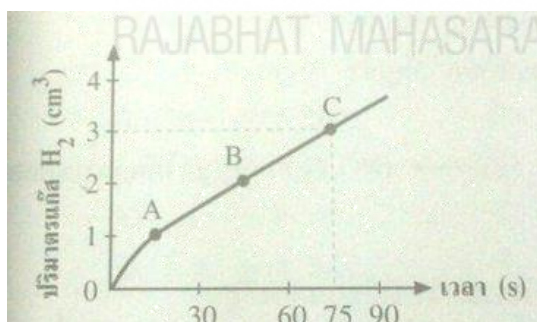
ก. อุณหภูมิ (K) ของปฏิกิริยาเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า อัตราการเกิดปฏิกิริยาก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าด้วย

ข. ความเข้มข้นของ Y เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า อัตราการเกิด Z เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าด้วย

ค. อัตราการลดลงของ X เท่ากับอัตราการลดลงของ Y

ง. อัตราการลดลงของ Y เป็น 2 เท่าของอัตราการเกิด Z

9. เมื่อเอาแผ่นโลหะ Mg ทำปฏิกิริยากับกรด HCl เจือจางจะเกิดแก๊ส  $H_2$  ขึ้นจับเวลาและปริมาตรของแก๊สจะได้ผลดังกราฟ



จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

ก. ช่วง AB มีอัตราการเกิดแก๊ส  $H_2$  สูงกว่า BC

ข. อัตราการเกิดแก๊ส  $H_2$  ที่วินาทีที่ 75

$$= \frac{3}{75} \text{ cm}^3/\text{s}$$

ค. ถ้าใช้แผ่น Mg มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้

กรด HCl เหมือนเดิม กราฟใหม่ที่ได้

จะมีลักษณะชันมากขึ้นและสูงกว่านี้

ง. ถ้าใช้กรด HCl ที่มีความเข้มข้นเท่าเดิม

จำนวนมากขึ้น โดยให้แผ่น Mg

เหมือนเดิมจะพบว่า อัตราการเกิด

ปฏิกิริยาสูงขึ้น

ก. ข้อ ก และ ง ถูก

ค. ข้อ ก และ ข ถูก

ข. ข้อ ข และ ง ผิด

ง. ข้อ ก และ ค ผิด



**ภาคผนวก ค**

**การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ**

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

ตารางที่ ค.1

ค่าความยากง่าย ( $p$ ) ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ ) และค่าความเชื่อมั่นของ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ข้อ ที่	ค่าความยากง่าย ( $p$ )	ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ )	ข้อ ที่	ค่าความยากง่าย ( $p$ )	ค่าอำนาจจำแนก ( $r$ )
1	0.57	0.30	16	0.44	0.56
2	0.48	0.56	17	0.53	0.62
3	0.55	0.64	18	0.41	0.73
4	0.56	0.61	19	0.53	0.48
5	0.59	0.65	20	0.44	0.57
6	0.47	0.62	21	0.58	0.59
7	0.41	0.73	22	0.56	0.42
8	0.62	0.64	23	0.57	0.51
9	0.59	0.63	24	0.46	0.51
10	0.47	0.54	25	0.43	0.51
11	0.30	0.52	26	0.55	0.52
12	0.47	0.58	27	0.62	0.52
13	0.38	0.56	28	0.53	0.56
14	0.52	0.80	29	0.59	0.48
15	0.39	0.52	30	0.39	0.59

หมายเหตุ. ค่าความเชื่อมั่นของแบบประเมินทั้งฉบับเท่ากับ .65

## ตารางที่ ค.2

ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงตรงตามเนื้อหา

จุดประสงค์ การเรียนรู้ที่	ข้อสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็น				รวม	IOC	ผลการ วิเคราะห์
		ผู้เชี่ยวชาญ						
		คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4			
(1) ความหมายของ อัตราการ เกิดปฏิกิริยา	1	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	2	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	3	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	4	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	5	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
(2) การคำนวณ เกี่ยวกับอัตราการ เกิดปฏิกิริยาเคมี	6	1	1	0	1	3	0.75	ใช้ได้
	7	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	8	1	0	1	1	3	0.75	ใช้ได้
	9	0	1	1	1	3	0.75	ใช้ได้
	10	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
(3) แนวคิดเกี่ยวกับ การเกิดปฏิกิริยา เคมี	11	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	12	0	1	1	1	3	0.75	ใช้ได้
	13	0	1	1	1	3	0.75	ใช้ได้
	14	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	15	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	16	0	1	1	1	3	0.75	ใช้ได้
	17	1	1	1	0	3	0.75	ใช้ได้
18	0	1	1	1	3	0.75	ใช้ได้	
19	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้	
20	1	0	0	1	2	0.5	ปรับปรุง	
21	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้	

(ต่อ)

ตารางที่ ค.2 (ต่อ)

จุดประสงค์ การเรียนรู้ที่	ข้อสอบ ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ				รวม	IOC	ผลการ วิเคราะห์
		คนที่	คนที่	คนที่	คนที่			
		1	2	3	4			
	43	0	0	1	0	1		
	44	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	45	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	46	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	47	0	1	1	1	3	0.75	ใช้ได้
	48	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	49	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
(5) ปัจจัยที่มี	50	1	1	0	1	3	0.75	ใช้ได้
ผลต่ออัตรา	51	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
การเกิด	52	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
ปฏิริยาเคมี	53	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	54	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	55	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	56	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	57	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	58	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	59	1	1	1	1	4	1	ใช้ได้
	60	0	0	1	1	2	0.5	ปรับปรุง
						รวม	51.75	
						ค่าเฉลี่ย	0.86	ใช้ได้





ภาคผนวก ง

หนังสือราชการที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

รับที่ ๒๕๕  
 วันที่ ๗ เดือน กพ พ.ศ. ๕๐  
 ๗๓๓ ๕๒



ที่ ศธ ๐๕๔๐.๐๒/ว.๐๘๒๕

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
 อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม  
 ๔๕๐๐๐

๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนขัติยะวงษา

ด้วย นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู รหัสประจำตัว ๕๘๘๐๑๐๕๐๐๑๓๑ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชา  
 วิทยาศาสตร์ศึกษา รูปแบบการศึกษาในเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังทำ  
 วิทยานิพนธ์ เรื่อง “การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ  
 และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕”

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อย บรรลุตามวัตถุประสงค์ มหาวิทยาลัย ฯ จึงขอ  
 อนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าทดลองใช้เครื่องมือและเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัยกลุ่มประชากร คือ นักเรียนชั้น  
 มัธยมศึกษาปีที่ ๕/๑ จำนวน ๒๘ คน เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี ขอขอบคุณ  
 มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนขัติยะวงษา

✓ ผ.ศ. ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู - ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู  
 ✓ อ.ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู - อ.ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู  
 ✓ อ.ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู - อ.ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู

6 ก.พ. ๖๐ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวิภา ทองบุญ)  
 คณบดีคณะครุศาสตร์  
 ปฏิบัติราชการแทน อธิการบดี

- ทน  
 - อ.ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู  
 - อ.ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู  
 ๖ ก.พ. ๖๐

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
 โทรศัพท์ ๐๔๓ - ๗๒๒๔๔๘ ต่อ ๑๐๑  
 โทรสาร ๐๔๓ - ๗๑๓๒๐๖  
 www.edurmu.org

- ทน  
 - อ.ดร.สุรสิทธิ์ จิตเรณู  
 ๖ ก.พ. ๖๐



รับที่ ๒๕๕๐  
 วันที่ ๕ เดือน ก.พ. พ.ศ. ๕๐  
 เวลา ๑๓.๓๐ น. ชื่อผู้รับ

ที่ ศธ ๐๕๔๐.๐๒/ว.๐๘๒๔

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
 อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม  
 ๕๕๐๐๐

๓ กุมภาพันธ์ ๒๕๖๐

เรื่อง ขออนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนขัติยะวงษา

ด้วย นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู รหัสประจำตัว ๕๘๘๐๑๐๕๐๑๓๓ นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิชา  
 วิทยาศาสตร์ศึกษา รูปแบบการศึกษาในเวลาราชการ ศูนย์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม กำลังทำ  
 วิทยานิพนธ์ เรื่อง "การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นบูรณาการ  
 และเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕"

เพื่อให้การดำเนินการวิจัยดำเนินไปได้ด้วยความเรียบร้อย บรรลุตามวัตถุประสงค์ มหาวิทยาลัย ฯ จึงขอ  
 อนุญาตให้ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัยกับกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕ จำนวน ๕๒  
 คน เพื่อนำข้อมูลไปทำการวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความร่วมมือจากท่านด้วยดี ขอขอบคุณ  
 มา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เขียนที่ สำนักงานโรงเรียนขัติยะวงษา  
 ผู้วิจัย  
 อาจารย์  
 อาจารย์  
 อ.ศ. ๕๒  
 อ.ค.พ.๕๐

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวิทย์ ทองบุ)  
 คณบดีคณะครุศาสตร์  
 ปฏิบัติราชการแทน อธิการบดี

-ท.บ.  
 -อ.น.ก.  
 -อ.พ.ร.ค.ร.  
 บ.ก.ว. 50

-ท.บ.  
 -อ.น.ก.  
 อ.ค.พ.๕๐

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
 โทรศัพท์ ๐๔๓ - ๗๒๒๔๔๘ ต่อ ๑๐๑  
 โทรสาร ๐๔๓ - ๗๑๓๒๐๖  
 www.edurmu.org



ที่ ศธ. ๐๕๕๐.๐๖ / ๗๑๙๗

คณะครุศาสตร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
อ.เมือง จ.มหาสารคาม ๔๔๐๐๐

๒๕ พฤศจิกายน ๒๕๕๙

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์ขอใช้เครื่องมือวิจัย  
เรียน รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม

ด้วยนายสุรสิทธิ์ จิตเรณู นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม มีความสนใจในการทำวิทยานิพนธ์หัวข้อ การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและเจตคติเชิงวิทยาศาสตร์ ด้วยรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยมี ผศ.ดร.พรพรณวิไล ชมชิต และ ผศ.ดร.เนตรชนก จันทร์สว่าง เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ในการนี้ คณะครุศาสตร์ ใคร่ขอความอนุเคราะห์ขอใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ของ รองศาสตราจารย์ ดร.ไพฑูรย์ สุขศรีงาม โดยผู้ทำวิจัยจะใช้ข้อมูล เพื่อใช้ในงานวิจัยดังกล่าว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวิทย์ ทองบุญ)

คณบดีคณะครุศาสตร์  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
โทรศัพท์. ๐๔๓-๗๒๒๑๑๘ ต่อ ๑๐๑  
[www.edurmu.org](http://www.edurmu.org)

1. อนุชานันท์ ๒๐/๖-  
2. หนู Xena เมอ ๖/๖  
กมล ๖/๖ ๐๐  
๒๖ ๖๕ ๕๙

## ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ สกุล นายสุรสิทธิ์ จิตเรณู  
วัน เกิด 28 ธันวาคม 2535  
ที่อยู่ปัจจุบัน 131 หมู่ที่ 6 ตำบล ดงสิงห์ อำเภอ จังหาร จังหวัด ร้อยเอ็ด  
รหัสไปรษณีย์ 45000

### ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2553 มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนร้อยเอ็ดวิทยาลัย จังหวัดร้อยเอ็ด  
พ.ศ. 2558 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม  
พ.ศ. 2560 หลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา  
มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม  
RAJABHAT MAHASARAKHAM UNIVERSITY